



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,  
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa



# AI Scope

Estudio y diseño de un microscopio low-cost para la  
detección a bajo coste  
de infecciones en las muestras de sangre

Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto  
*Escuela superior de Ingenierías Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa.*

**AUTOR:** Joana Aina Martorell Sastre

**DIRECTOR:** David González

10 de Junio, 2019





## **Agradecimientos**

Primero, agradecer al equipo de AI Scope por la oportunidad dada y en especial a Eduardo Peire y a mi tutor, David González por todo el apoyo y la ayuda recibida durante este proyecto.

También dar las gracias a los profesores Joan Antoni López y Rafael Sitjar por ayudarme en la parte mecánica de la que no tenía suficientes conocimientos.

A mis amigos, por apoyarme en mis momentos de estrés y darme nuevas ideas.

Y sobretodo a mis padres, por ser mi refugio, por animarme siempre a superarme y por no ponerme nunca ningún límite.



## **Resumen**

Actualmente está muriendo mucha gente en comunidades aisladas por falta de diagnóstico. La malaria, la tuberculosis y los parásitos intestinales son tres de las diez principales enfermedades mortales en áreas de ingresos bajos y se pueden curar fácilmente con pastillas. Como respuesta a esta falta de diagnóstico nace el equipo de AI Scope, usando programas de detección de parásitos mediante inteligencia artificial. Para poder detectar dichos parásitos se necesita un microscopio de bajo coste y de fácil uso para que pueda haber más frecuencia de diagnósticos.

El objetivo principal de este proyecto es rediseñar el prototipo del microscopio e implementar una automatización para que la detección sea automática, trabajando paralelamente con el trabajo de fin de grado "Project of low-cost microscope automation for data gathering" de Ariadna Fernández.

Durante este proyecto, se analiza el prototipo dado y se realiza un extenso análisis de los materiales que se pueden usar. Además se presenta una evolución, mediante el proceso de rediseño, en el que se ve claramente como se ha llegado a cada solución.

Este proyecto ha significado una gran oportunidad para poder trabajar en un equipo multidisciplinario y para adquirir nuevos conocimientos. Se considera que se ha logrado el objetivo y se ha conseguido un prototipo que funciona y además cumple con todos los requisitos.

## **Abstract**

It may seem unbelievable, but even nowadays people are dying due to lack of diagnosis. Malaria, tuberculosis and intestinal parasites are among the top ten killer diseases in low-income areas and can be easily cured with simple pills. In response to this lack of diagnosis the AI Scope team arises, using parasite detection programs with artificial intelligence. To be able to detect such data, a low-cost, easy-to-use microscope is needed in order to increase the frequency of diagnoses.

The main objective of this project is to redesign the prototype of the microscope and implement an automation to detect the parasites. During this project, the prototype is analysed and also the potential materials that could be used in the next iteration. In addition, the redesign process' evolution shows the improvements applied through the entire project.

This design has been developed with fellow student Ariadna Fernández and along her project "Project of low-cost microscope data gathering".

This project has been a great opportunity to work in a multidisciplinary team and to acquire new knowledge. It is considered that the main objective has been achieved and the new prototype works and meets all the requirements.

# Índice

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 Objetivos del proyecto	7
1.2 Objetivos personales	7
1.3 Alcance	7
1.4 Requisitos	8
1.5 Historia	9
1.6 Planificación	10
2. ANÁLISIS DEL PROTOTIPO EXISTENTE	11
2.1 Introducción	11
2.2 Lista de materiales	11
2.3 Lista de piezas	12
2.4 Plano dado	17
2.5 Funcionamiento de un microscopio	18
2.6 Fabricación y montaje	19
3. COSTE DEL SOFTWARE	25
3.1 Piezas, función y detección de defectos	25
3.2 Sistema de autoajustamiento de la muestra	30
3.3 Aumento en el sistema de lentes	30
4. ESTUDIO ECONÓMICO	32
5. NORMATIVAS	35
6. PROPUESTA PRECONCEPTUAL	37
6.1 Requisitos básicos	37
6.2 Futuras mejoras del microscopio	37
6.3 Organización de la fase de rediseño	38
7. INVESTIGACIÓN DE MATERIALES	39
7.1 Introducción	39
7.2 Materiales de la plancha	39
7.3 Materiales de la guía	44
8. PROCESO DE REDISEÑO	51
8.1 Sistema para sujetar el móvil	51
8.2 Sistema base	55
8.3 Sistema para la sujeción de las lentes	56
8.3.1 Lente objetivo	56
8.3.2 Lente ocular	56
8.4 Sistema de enfoque	57
8.4.1 Enfoque en el eje Z	57
8.4.2 Enfoque en el eje XY	58
8.5 Diseño general	66

9. DISEÑO FINAL ..... 73

    9.1 Introducción ..... 73

    9.2 Diseño final mediante renderizado ..... 73

    9.3 Prototipo físico y montaje ..... 79

    9.4 Precio del prototipo y budget del proyecto ..... 80

    9.5 Comparativa entre los prototipos ..... 82

    9.6 Futuras mejoras ..... 83

    9.7 Impacto ambiental del proyecto ..... 84

    9.8 Localización de posibles problemas durante su fabricación y su uso en comunidades aisladas ... 85

        9.8.1 Posibles problemas entorno a la construcción del prototipo ..... 85

        9.8.2 Posibles problemas durante su uso ..... 86

10. CONCLUSIONES ..... 87

    10.1 Conclusiones en relación al prototipo ..... 87

    10.2 Conclusiones sobre el prototipo ..... 87

11. BIBLIOGRAFÍA ..... 89

12. ANEXOS

## Lista de figuras

1.1	Prototipo actual de AI Scope . . . . .	9
2.1	Esquema del prototipo actual de AI Scope . . . . .	11
2.2	Plano dado . . . . .	17
2.3	Microscopio óptico convencional . . . . .	18
2.4	Esquema del funcionamiento de un microscopio . . . . .	18
2.5	Montaje del microscopio paso 1 . . . . .	19
2.6	Montaje del microscopio paso 2 . . . . .	20
2.7	Montaje del microscopio paso 3 . . . . .	20
2.8	Montaje del microscopio paso 4 . . . . .	20
2.9	Montaje del microscopio paso 5, 6, 7, 8 y 9 . . . . .	21
2.10	Montaje del microscopio paso 10 . . . . .	21
2.11	Montaje del microscopio paso 11 . . . . .	22
2.12	Montaje del microscopio paso 12 . . . . .	22
2.13	Montaje del microscopio paso 13 . . . . .	23
2.14	Montaje del microscopio paso 14 . . . . .	23
2.15	Montaje del microscopio paso 15 . . . . .	23
2.16	Microscopio explosionado . . . . .	24
3.1	Ejes del microscopio . . . . .	30
3.2	Esquema lente convergente . . . . .	31
4.1	Esquema AI Scope . . . . .	32
4.2	Orientación del diseño. Módulos de comunicación visual . . . . .	32
4.3	Comunicación visual en el plano sagital . . . . .	33
4.4	Límites de alcance en el plano horizontal . . . . .	33
6.1	Mapa conceptual fase de rediseño . . . . .	38
7.1	Plancha DM . . . . .	43
7.2	Plancha de metacrilato opaco . . . . .	43
8.1	Sistema para la sujeción del móvil actual . . . . .	51
8.2	Ejemplos de sistemas para sujetar el móvil . . . . .	51
8.3	Sujeción del móvil. Croquis 1 . . . . .	52
8.4	Sujeción del móvil. Croquis 2 . . . . .	52
8.5	Sujeción del móvil. Croquis 3 . . . . .	52
8.6	Sujeción del móvil. Croquis 4 . . . . .	53
8.7	Sujeción del móvil. Croquis 5 . . . . .	53
8.8	Sujeción del móvil. Croquis 6 . . . . .	54
8.9	Sujeción del móvil. Primer modelado . . . . .	54
8.10	Sujeción del móvil. Croquis 7 . . . . .	54
8.11	Sistema base. Croquis evolución . . . . .	55

8.12	Sujeción de la lente objetivo. Fotografía del prototipo a rediseñar 1	56
8.13	Sujeción de la lente objetivo. Fotografía del prototipo a rediseñar 2	56
8.14	Sujeción de la lente objetivo. Tuerca autoblocante	56
8.15	Sujeción de la lente ocular. Pieza de espuma	57
8.16	Esquema del sistema de engranajes del prototipo anterior.	57
8.17	Plano de los engranajes modelados en ToolBox	58
8.18	Esquema de piezas del actual carro móvil.	58
8.19	Desplazamiento X e Y. Primeros croquis	59
8.20	Desplazamiento X e Y. Sistema servo - manivela 1	59
8.21	Desplazamiento X e Y. Sistema servo - manivela 2	60
8.22	Desplazamiento X e Y. Sistema servo - manivela 3	60
8.23	Desplazamiento X e Y. Modelado sistema servo manivela	61
8.24	Desplazamiento X e Y. Mecanismo de un plotclock	61
8.25	Desplazamiento X e Y. Mecanismo de tornillos sin fin	62
8.26	Desplazamiento X e Y. Croquis mecanismo piñón cremallera impreso en 3D	62
8.27	Desplazamiento X e Y. Croquis mecanismo piñón cremallera ideado para cortes de metacrilato.	63
8.28	Desplazamiento X e Y. Croquis mecanismo manivela - leva.	63
8.29	Desplazamiento X e Y. Croquis mecanismo manivela y manivela - pistón	64
8.30	Croquis general del diseño final	65
8.31	Croquis general de la unión de las dos partes de la estructura principal	66
8.32	Pieza soporte de portaobjetos. Carro móvil.	68
8.33	Pieza soporte de los motores. Carro móvil	68
8.34	Pieza soporte de los engranajes	69
8.35	Levas de prueba	69
8.36	Pieza porta portaobjetos	70
8.37	Resultado de la búsqueda de mecanismos de unión motor - eje	70
8.38	Mecanismo de unión motor - eje	70
8.39	Pieza sujeta brazos y tuerca de mariposa soldada.	71
8.40	Modelado del problema en la sujeción del sistema para el móvil	71
8.41	Pieza pata con la modificación final.	72
9.1	Render en perspectiva del diseño final 1	73
9.2	Render en perspectiva del diseño final 2	74
9.3	Render en perspectiva del diseño final 3	74
9.4	Render en perspectiva del diseño final 4	75
9.5	Detalle. Estructura para el móvil regulable	75
9.6	Detalle. Base rígida y estable.	76
9.7	Detalle. Sujeción de la lente ocular	76
9.8	Detalle. Unión de cuerpos por autoblocantes.	76
9.9	Detalle. Sistema manivela - leva	77
9.10	Detalle. Carro móvil	77
9.11	Detalle. Estructura y guías.	77

9.12	Detalle. Sistema de transmisión. . . . .	78
9.13	Detalle. Sujeción de los servomotores . . . . .	78
9.14	Detalle. Unión de los motores con los ejes . . . . .	78
9.15	Fotografía del prototipo físico. . . . .	79

# Lista de tablas

1.1	Diagrama de Gant. ....	10
2.1	Lista de materiales ....	11
2.2	Lista de piezas. ....	12
3.1	Lista de piezas y función ....	25
3.2	Tabla de aumentos ....	31
7.1	Tabla resumen de materiales. ....	39
7.2	Investigación de materiales ....	40
9.1	Presupuesto para la construcción de una unidad de AI Scope ....	80
9.2	Presupuesto total del proyecto. ....	81
9.3	Comparativa entre los prototipos ....	82

# Lista de fórmulas

2.1	Aumento lateral microscopio. ....	18
3.1	Aumento del microscopio ....	30

# 1. Introducción

## 1.1 Objetivos del proyecto

El objetivo principal del proyecto es rediseñar un microscopio para detectar a bajo presupuesto infecciones en muestras de sangre. Gracias a su bajo coste, este abastecerá a la población con menos recursos con más frecuencia de diagnósticos con la finalidad de detectar enfermedades como la malaria y la tuberculosis, entre otras.

El nuevo diseño pretende ser más compacto y más fácil de transportar bajo las premisas de que siga siendo barato, fácil de reparar y fácil de fabricar para que pueda ser usado en cualquier parte del mundo.

## 1.2 Objetivos personales

El objetivo principal es resolver el problema planteado de la forma más eficiente y real posible. Se pretenden incorporar los conocimientos adquiridos durante la carrera y sacarle el máximo provecho de cara a futuros proyectos que se quieran desarrollar. También, aprovechar la oportunidad de trabajar en un equipo multidisciplinario y participar en un proyecto con motivaciones humanitarias.

## 1.3 Alcance

El primer paso para poder realizar un proyecto es decidir qué puntos son los más relevantes para poder llevar a cabo los objetivos planeados.

Para poder organizar el contenido del proyecto así como el tiempo dedicado a cada parte se ha realizado una lista de actividades a desarrollar. Estas son las siguientes:

- Introducción: Planificación de los objetivos así como el alcance del proyecto y realización de la planificación necesaria para poder avanzar.
- Fase de búsqueda de información: Búsqueda de documentación e información necesaria para proceder con el proyecto.
- Análisis de la patente: Estudio y montaje del prototipo a rediseñar para descomponer qué partes tiene, distinguir cuáles son las elementales y ver cómo funciona.
- Conceptos técnicos: Estudio del modelo existente y búsqueda de información sobre los mecanismos y sistemas existentes en el prototipo y en el mercado y qué soluciones son las más apropiadas para cada componente.
- Estudio ergonómico: Estudio y decisión de la dirección que va a tener el microscopio (así como otros aspectos ergonómicos) para que se adapte a la comodidad de las personas.
- Normativas: Búsqueda sobre la legislación y las normas que se deben cumplir para desarrollar el diseño del nuevo microscopio.
- Propuesta pre conceptual: Definición de las características y las especificaciones que el rediseño debe cumplir.
- Proceso de rediseño: Aplicación de las distintas metodologías de diseño aprendidas con la finalidad de llegar a diversas opciones y converger en un diseño final.
- Estudio y análisis de materiales: Estudio y elección de los materiales más apropiados para la construcción del microscopio.
- Estudio de los posibles procesos de fabricación: Elección del método de producción más adecuado para llevar a cabo el prototipo.



- Diseño conceptual: Explicación del rediseño del microscopio y explicación de sus partes.
- Diseño formal: Realización de planos y modelado CAD
- Presentación de producto: Realización de imágenes fotorealísticas para poder apreciar mejor como sería el prototipo final.
- Proceso de fabricación: Construcción del prototipo físico.
- Conclusiones: Realización de una autocrítica del trabajo y comparación de los resultados obtenidos con los objetivos planteados.
- Maquetación del trabajo: Estructuración de la documentación escrita. Este punto se mantendrá constante, teniendo en cuenta la ortografía y el contenido total del trabajo a desarrollar.

## **1.4 Requisitos**

Los requisitos generales del proyecto son los siguientes:

- El tiempo de dedicación aproximado del proyecto es de 600 horas.
- La fecha de entrega del proyecto es el 10 de Junio.
- El proyecto debe seguir las directrices del equipo de AI Scope.
- El desarrollo del proyecto debe ir compenetrado con el de Ariadna Fernández, encargada de la automatización del microscopio, para poder tener en cuenta sus cambios y avances y viceversa.

Los requisitos establecidos para el diseño y prototipo del microscopio son los siguientes:

- El microscopio debe ser construido con materiales standard para que en caso de que alguna de las partes presente un fallo, ésta sea de fácil recambio en cualquier parte del mundo.
- Debe ser lo más económico posible.
- El método de fabricación debe de ser sencillo y lo más fácil de replicar posible en cualquier parte del mundo.
- Se debe tener en cuenta la normativa y usar materiales que no puedan contaminar las muestras.
- Las piezas por separado no pueden ser complejas.
- La distancia ocular debe ser siempre fija.
- Debe ser ergonómico y estable.
- Tiene que poder sujetar un teléfono móvil.

## **1.5 Historia**

En la actualidad está muriendo mucha gente por falta de diagnóstico. La malaria, la tuberculosis y los parásitos intestinales son tres de las diez principales enfermedades mortales en áreas de ingresos bajos y medios (LMIA), y se pueden curar fácilmente con pastillas. Las transmisiones de malaria se producen en cinco regiones de la OMS. A nivel mundial, se estima que 3,4 billones de personas en 91 países y territorios corren el riesgo de infectarse con malaria y 1,1 billones corren un alto riesgo. La carga más pesada es en la región de África de la OMS donde se estima que se encuentra el 92% de muertes causadas por malaria, de las cuales dos tercios son niños de una edad inferior a los 5 años.

Como respuesta a esta falta de diagnóstico nace el equipo de AI Scope, un grupo de científicos apasionados por la labor que desarrolla un microscopio inteligente de código abierto sin fines lucrativos. Éste utiliza la inteligencia artificial para detectar los parásitos y mejorar la imagen, con la finalidad de mejorar el diagnóstico de las enfermedades infecciosas más mortales y su uso es destinado para las comunidades más remotas.

El proyecto basa sus inicios cuando Eduardo Peire descubrió el Fold Scope; un microscopio plegable que pretendía ser una revolución en el diagnóstico portátil. Sin embargo, se dio cuenta de que a pesar de que era una idea asombrosa, todavía necesitaba personal capacitado para poder realizar un diagnóstico.

El siguiente paso fue intentar construir un Fold Scope para sí mismo y se dio cuenta de que, aunque podía magnificar la imagen, no era suficiente para ver parásitos. La deformación de la imagen era demasiado alta y, por lo tanto, la calidad era demasiado baja. Para lograr una imagen nítida se fijó como objetivo lograr un aumento de 1000x y cambiar la geometría del microscopio para llegar a ese aumento. El rediseño del microscopio siguió su curso y paralelamente se fue desarrollando también el software. En relación al software, fue creado con Python usando Tensorflow y afortunadamente funcionó con rapidez y fue posible poder localizar parásitos propios de la malaria.

Con el paso del tiempo el prototipo ha ido evolucionando y se han unido nuevos colaboradores con pluralidad de campos científicos y conocimientos con la motivación común de desarrollar una tecnología innovadora para poder ayudar a los demás.



*Figura 1.1 Prototipo actual del Ai Scope*

1.6 Planificación

Para poder lograr todas las actividades anteriores se ha creado el siguiente diagrama de Gant:

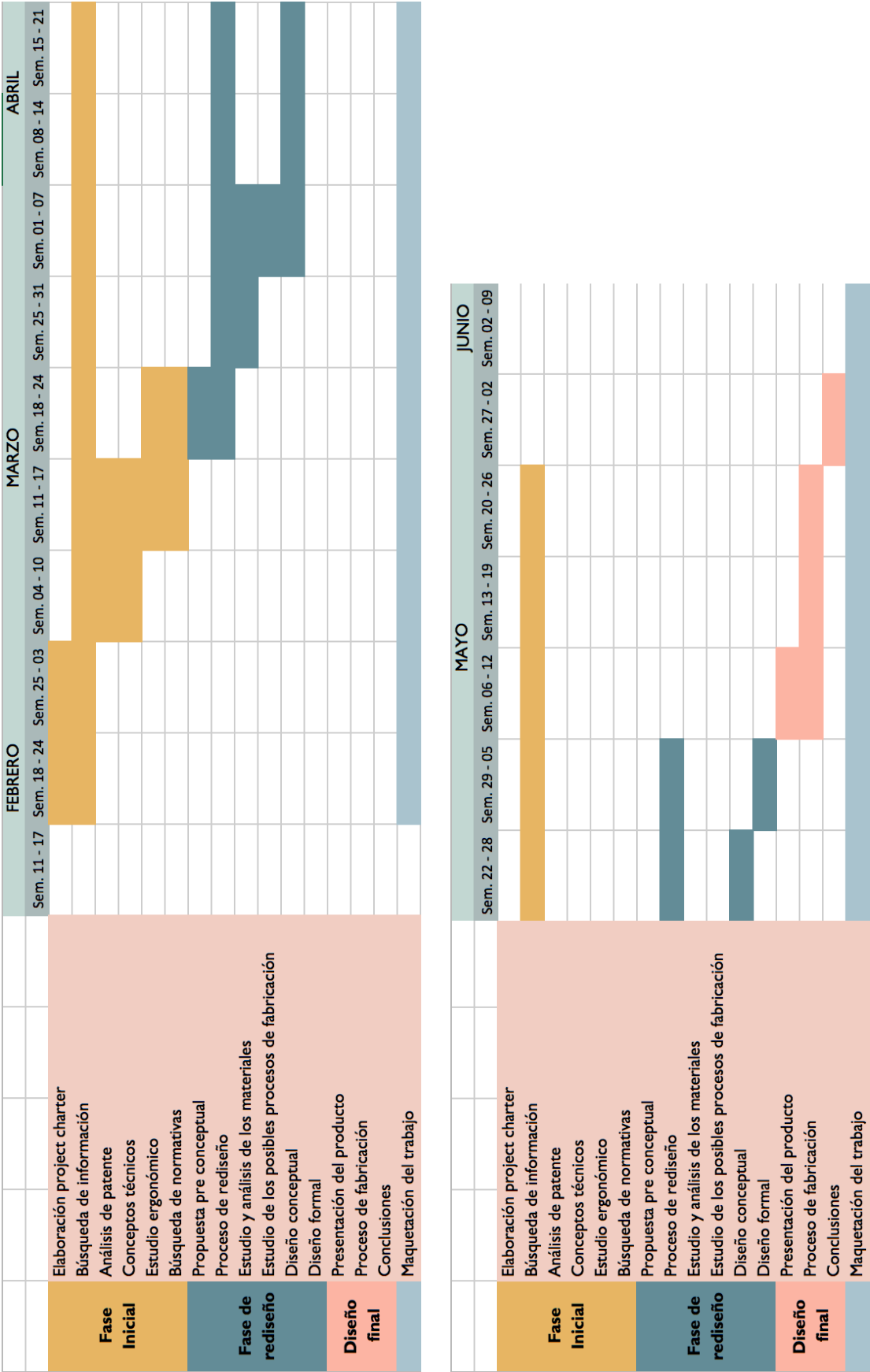


Tabla 1. Diagrama de Gant

## 2. Análisis del prototipo existente

### 2.1 Introducción

En el siguiente apartado se pretende analizar el último prototipo de microscopio AI Scope hecho hasta el momento y realizar una descomposición del mismo para estudiar a detalle la funcionalidad de cada parte. Se estudiará el funcionamiento de un microscopio así como sus semejanzas y diferencias con AI Scope, los materiales utilizados, el montaje y la fabricación del mismo.

El prototipo a estudiar consta de tres partes diferenciadas; base, parte fija y parte móvil. La base es la encargada de sujetar la estructura principal en la que se encuentran la fija y la móvil. La parte móvil la componen las piezas que se encargan de sujetar y mover la muestra en los distintos ejes para que esta pueda ser observada y el resto de piezas forman parte de la parte fija.

En el prototipo actual, la muestra se puede desplazar en los ejes x, y y z, a diferencia de los prototipos anteriores, en los que la muestra sólo se podía mover en dos ejes.

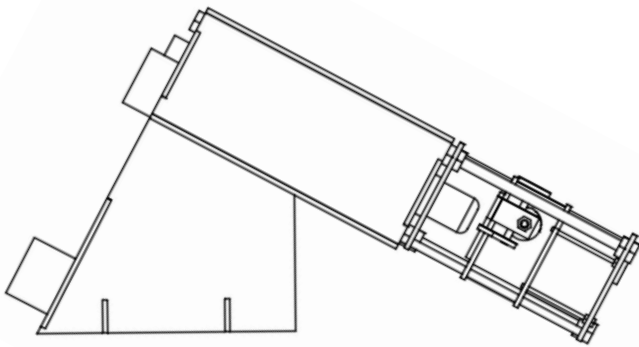


Figura 2.1 Esquema del prototipo actual del Ai Scope

### 2.2 Lista de materiales

Para poder construir el prototipo actual, se realiza una lista de materiales con la cantidad y su precio que podemos encontrar a continuación.

Material	Tamaño (mm)	Cantidad	Precio (€/u)
Placa de metacrilato opaco	290 x 420 x 3 (A3)	1	7,75
Varilla redonda de metacrilato transparente	5 x 1000	1	2,11
Lente ocular 10x	-	1	13,19
Lente objetivo 100x	-	1	19,2
Cinta adhesiva Velcro	25 x 200	200mm	1,3
Plancha de espuma de polietileno stratocell 16kg/m3	210 x 217 x 4 (A4)	1	1,9
Varilla roscada DIN 975 M3	1000	1	0,25
Varilla roscada DIN 975 M5	1000	1	0,33
Varilla roscada DIN 975 M8	1000	1	0,64
Tuerca hexagonal ISO 4036 d M3	-	7	0,01
Tuerca hexagonal ISO 4036 d M5	-	6	0,02
Tuerca hexagonal ISO 4036 d M8	-	14	0,02
Engranaje recto Módulo 0,5 D32Z con piñón (POM)	-	1	1,17
Engranaje recto Módulo 0,5 D46Z con piñón (POM)	-	2	1,17
Tuerca de mariposa DIN 315 M3	-	1	1,53
TOTAL			51,14

Tabla 2.1 Lista de materiales

2.3 Lista de piezas

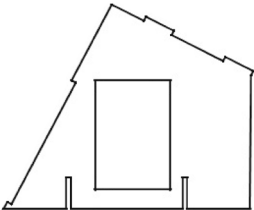
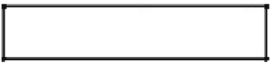

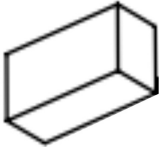

Croquis	Nombre	Zona	Material	Cantidad
	A	Base	Metacrilato opaco	2
	B	Base	Metacrilato opaco	2
	C	Base	Metacrilato opaco	1
	D	Base	Espuma de polietileno stratocell	1
	E	Parte fija	Metacrilato opaco	1

Tabla 2.2.1 Lista de piezas

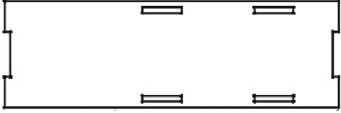

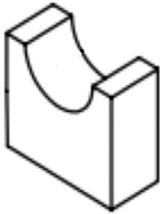
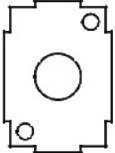

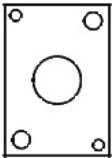

Croquis	Nombre	Zona	Material	Cantidad
	F	Parte fija	Metacrilato opaco	1
	G	Parte fija	Metacrilato opaco	2
	H	Parte fija	Espuma de polietileno stratocell	1
	I	Parte fija	Metacrilato opaco	1
	K	Parte fija	Metacrilato opaco	1
	P	Parte fija	Metacrilato opaco	1
	N	Parte fijal	Metacrilato opaco	1

Tabla 2.2.2 Lista de piezas


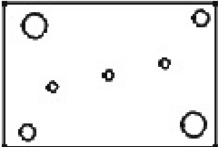


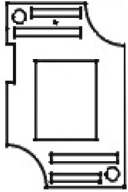

Croquis	Nombre	Zona	Material	Cantidad
	O	Parte fija	Metacrilato opaco	1
	X	Parte fija	Metacrilato opaco	1
	L (Lente ocular)	Parte fija	-	1
	M (Lente objetivo)	Parte fija	-	1
	Q	Parte móvil	Metacrilato opaco	1
	R	Parte móvil	Metacrilato opaco	1

Tabla 2.2.3 Lista de piezas




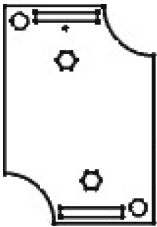

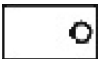
Croquis	Nombre	Zona	Material	Cantidad
	S	Parte móvil	Metacrilato opaco	1
	T	Parte móvil	Metacrilato opaco	1
	U. Tuerca de mariposa DIN 315 M3	Parte móvil	Hierro cincado	1
	W	Parte móvil	Metacrilato opaco	1
	Y	Parte móvil	Metacrilato opaco	1
	Z	Parte móvil	Metacrilato opaco	1

Tabla 2.2.4 Lista de piezas



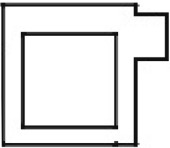



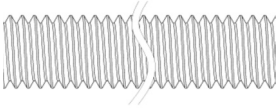
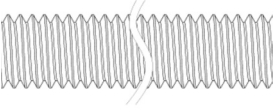
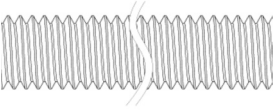
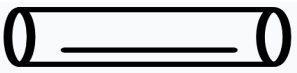
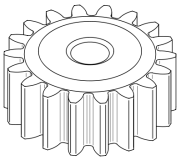
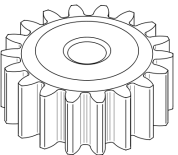
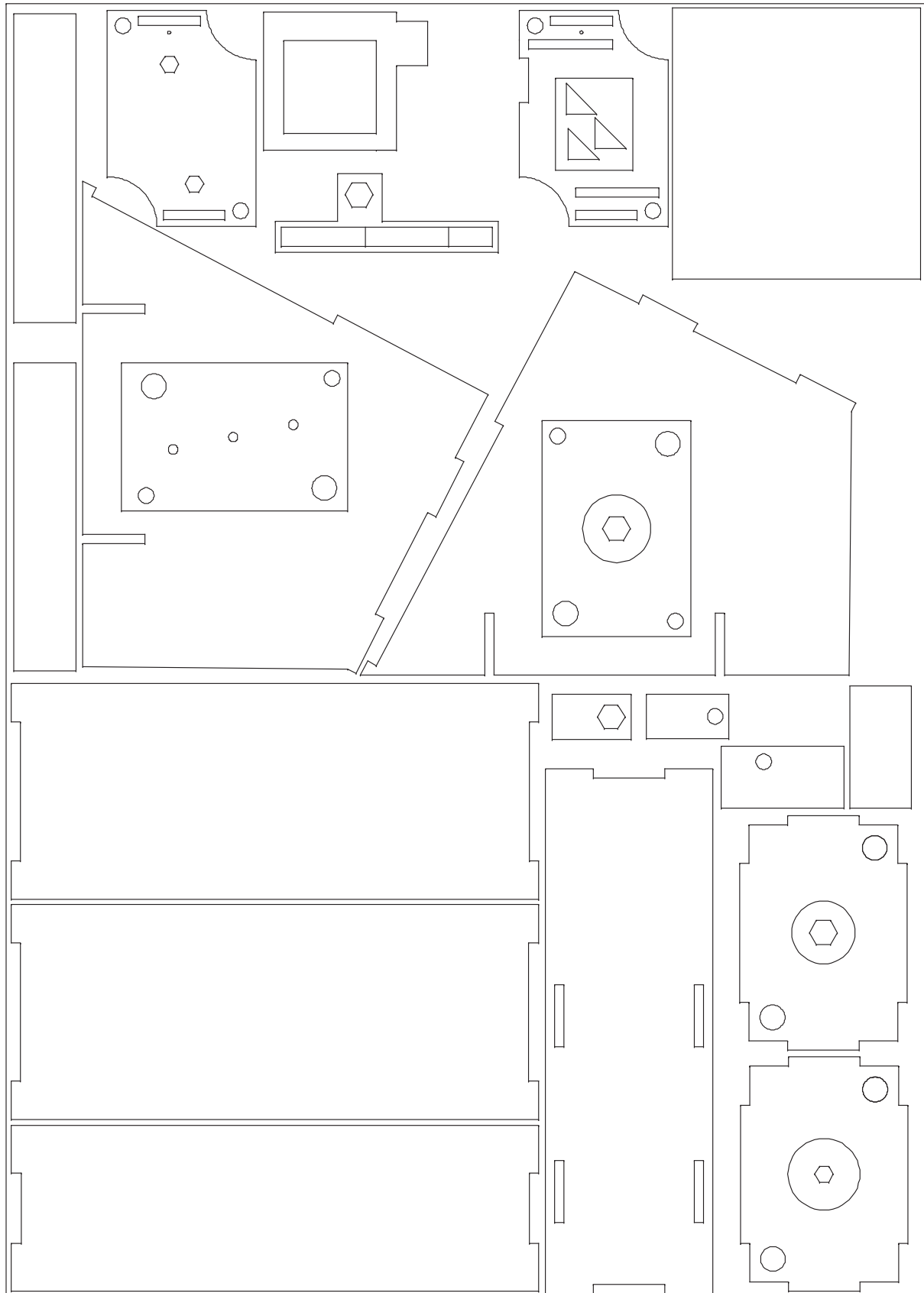
Croquis	Nombre	Zona	Material	Cantidad
	J	Parte móvil	Metacrilato opaco	1
	Tuerca hexagonal ISO 4036 d 3	-	Hierro cincado	7
	Tuerca hexagonal ISO 4036 d 5	-	Hierro cincado	6
	Tuerca hexagonal ISO 4036 d 8	-	Hierro cincado	14
	Varilla roscada DIN 975 M3	-	Hierro cincado	1
	Varilla roscada DIN 975 M3	-	Hierro cincado	1
	Varilla roscada DIN 975 M3	-	Hierro cincado	1
	Varilla redonda de metacrilato	-	Metacrilato	1
	Engranaje M0,5 D48Z	-	POM	2
	Engranaje M0,5 D32Z	-	POM	1

Tabla 2.2.5 Lista de piezas

## 2.4 Plano dado

A continuación se adjunta el plano de piezas de metacrilato a cortar a láser para poder obtener las piezas mencionadas.



*Figura 2.2 Plano dado*

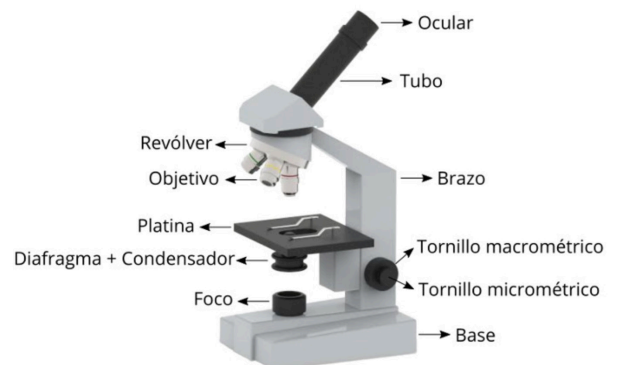
## 2.5 Funcionamiento del microscopio

### ¿Qué es y como funciona un microscopio óptico convencional?

Un microscopio es un instrumento óptico para ampliar la imagen de objetos o seres, tan pequeños que no se pueden ver a simple vista; consta de un sistema de lentes de gran aumento.

En relación a las partes que componen un microscopio, las podemos clasificar en dos;

- Sistema óptico: Conjunto de lentes y elementos de manipulación de la luz necesarios para generar una imagen aumentada.
- Sistema mecánico: Conjunto de elementos que proporciona una estructura al sistema óptico.



*Figura 2.3 Microscopio óptico convencional*

El sistema óptico consta también de un foco o fuente de luz que emite rayos dirigidos hacia la muestra. Antes de llegar a ésta, los rayos de luz atraviesan un condensador, encargado de concentrar los rayos de luz sobre la parte de la muestra que se pretende observar.

La parte más elemental del microscopio, la forman la lente objetivo y la lente ocular, ambas convergentes. La lente objetivo se sitúa cerca del objeto y la lente ocular, al otro extremo del tubo, cerca del ojo. Ésta última es la que ejerce de lupa sobre la imagen que produce la lente objetivo y proporciona la imagen aumentada que el usuario percibe. La lente objetivo es muy convergente y el objeto debe colocarse más allá de su punto focal, pero cerca de él.

El esquema que se adjunta a continuación muestra un microscopio, con la imagen del objetivo situada más cerca del ocular que la distancia focal con la finalidad de que el ocular haga de lupa. De éste modo, la imagen final de tamaño  $y''$  será virtual, mayor e invertida respecto al objeto. En este caso, se supone que el ojo tendría que realizar una acomodación de la imagen al observarla. Sin embargo, el ocular se coloca de manera que la imagen formada por la lente objetivo caiga sobre el punto focal de ella,  $F_2$ .

Cuando una imagen se forma en el foco,  $F_2$ , la luz emerge del ocular en forma de un haz de rayos paralelos y forma la imagen en el infinito, pero el ojo, sin esfuerzo de acomodación la concentra en la retina.

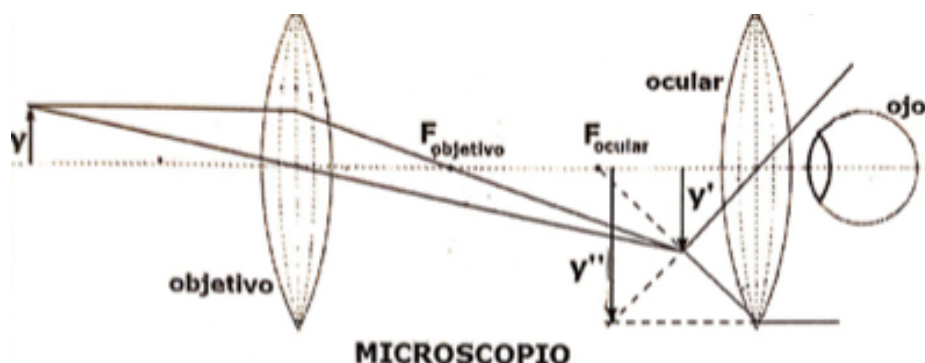
La lente objetivo produce una imagen mayor, real e invertida, y la lente ocular, actuando sobre ella, la hace más grande pero la deja invertida y virtual.

La imagen que da el microscopio es mayor, virtual e invertida. La distancia focal entre el punto focal imagen del objetivo y el punto focal objeto del ocular se llama longitud de tubo,  $L$ . En los microscopios tiene un valor fijo de 17 cm.

Se puede demostrar que el aumento lateral de un microscopio viene dado por:

$$\beta = \frac{y'}{y} = -\frac{L}{f_{\text{objetivo}}}$$

*Fórmula 2.1 Aumento lateral*



*Figura 2.4 Esquema de funcionamiento del microscopio*

### ¿Cómo funciona AI Scope?

AI Scope funciona con el sistema de lentes convencional explicado anteriormente pero con ciertas modificaciones. La primera se encuentra en el ocular; a diferencia de un microscopio convencional, no se observa la muestra directamente con el ojo humano sino con la cámara de un Smartphone, que muestra la imagen ampliada en la pantalla.

También es necesario decir que AI Scope no posee revólver con diferentes lentes objetivo sino que solo contiene una única lente objetivo y esta tiene una posición fija. Las dos lentes, ocular y objetivo, logran un aumento de 1000x ya que se considera el aumento mínimo para que se proporcione una imagen nítida y clara de la muestra.

La muestra se coloca en la base correspondiente y se ajusta mediante las ruedecillas situadas en la parte inferior del microscopio que la mueven en distintos ejes perpendiculares entre sí.

Una vez colocada y enfocada la muestra, el microscopio proporciona una imagen de ella y se procesa en el software de la aplicación del Smartphone.

Ésta ha sido creada con inteligencia artificial y compara la muestra entre los otros casos registrados en la base de datos hasta que proporciona un diagnóstico.

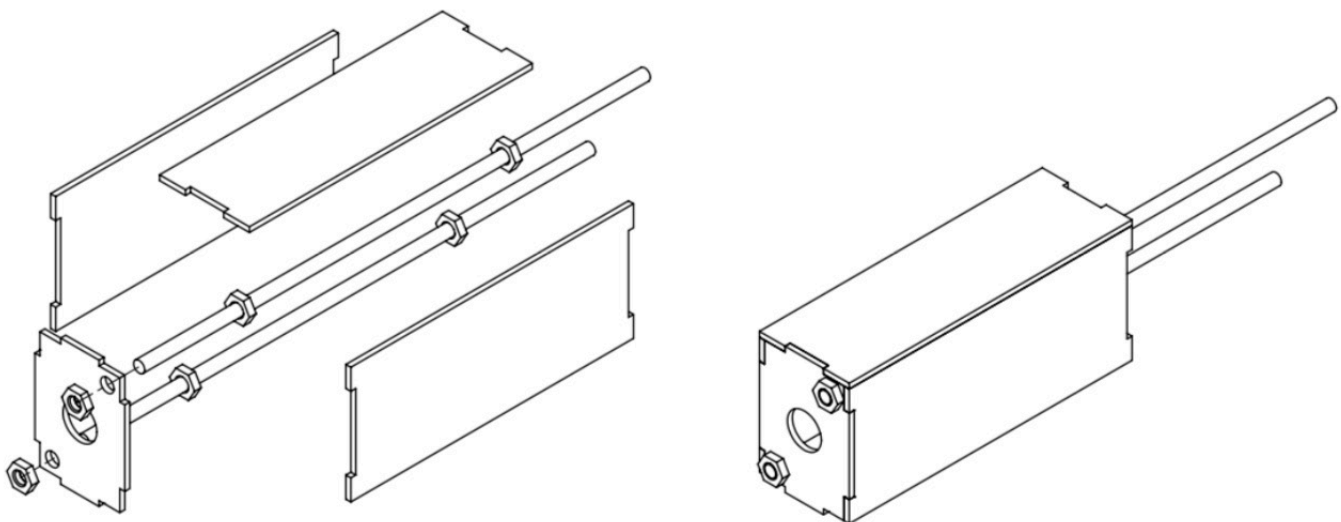
De cara a la próxima versión en la que se está trabajando en este proyecto se pretende incorporar un sistema electrónico con motores para que la detección de los parásitos sea automática y por lo tanto más rápida.

También, implementar cambios en el diseño e incorporar un haz de luz para poder mejorar la calidad de la imagen de la muestra, entre otros.

## 2.6 Fabricación y montaje

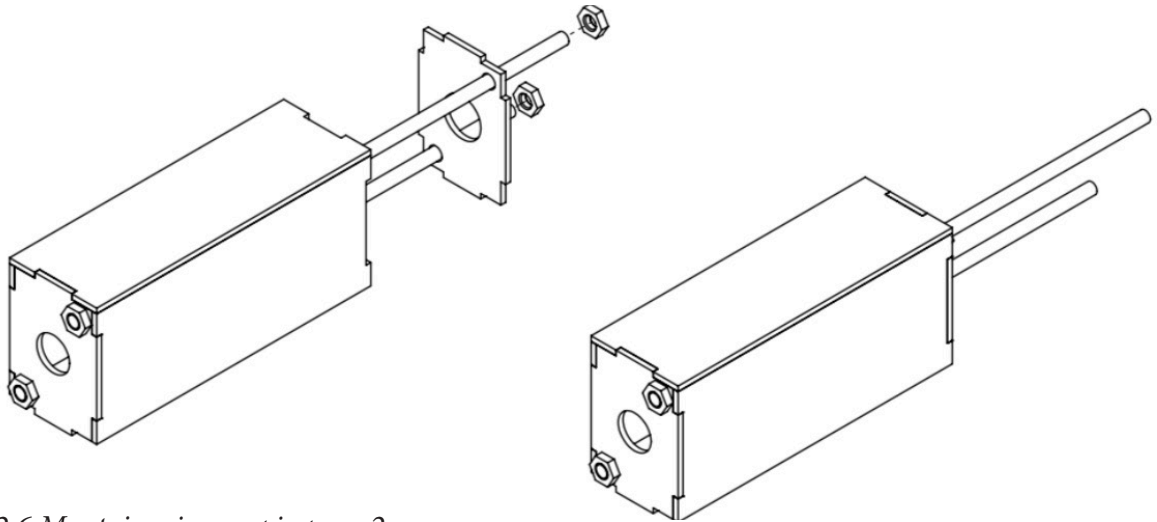
Para poder montar el AI Scope se precisan los materiales ya especificados anteriormente y una cortadora láser. Como método de fabricación se ha elegido el corte láser ya que es el más fácil de replicar manualmente y en caso de no disponer de una cortadora láser se puede construir igualmente.

A continuación se presenta unas instrucciones de montaje para poder tener unas indicaciones de cómo se monta el dispositivo;



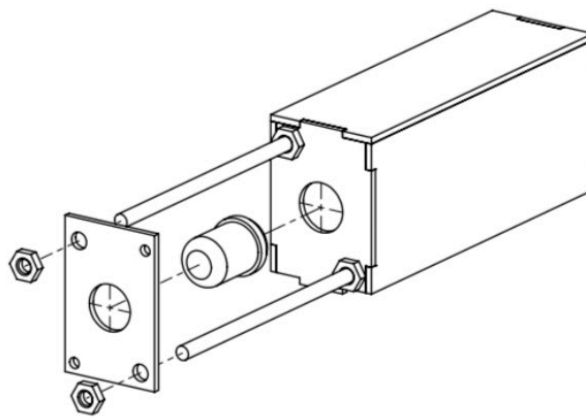
*Figura 2.5 Montaje microscopio paso 1*

Se monta parte del cuerpo con las piezas G, E y K. Si se cree necesario, se refuerzan las paredes con adhesivo, como por ejemplo, silicona. Acto seguido para hacer de esqueleto se incorporan dos barras de varilla M8 de 28 cm y se ponen las tuercas tal y como indica la figura.



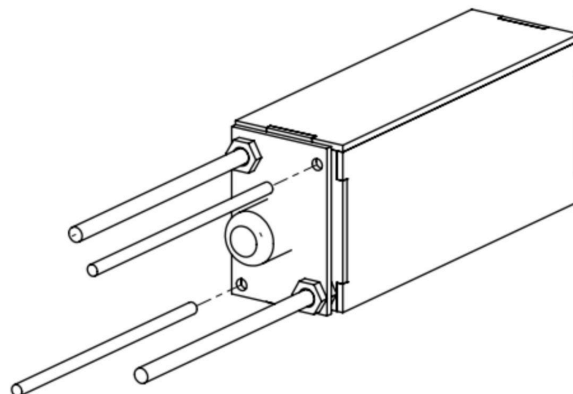
*Figura 2.6 Montaje microscopio paso 2*

Se une la pieza I por los ejes y se procede a ajustar las dos tuercas que quedan al interior lo más próximas a la pieza I possible. Acto seguido se ponen dos tuercas M8 más para ajustar la pieza I y que no se mueva.



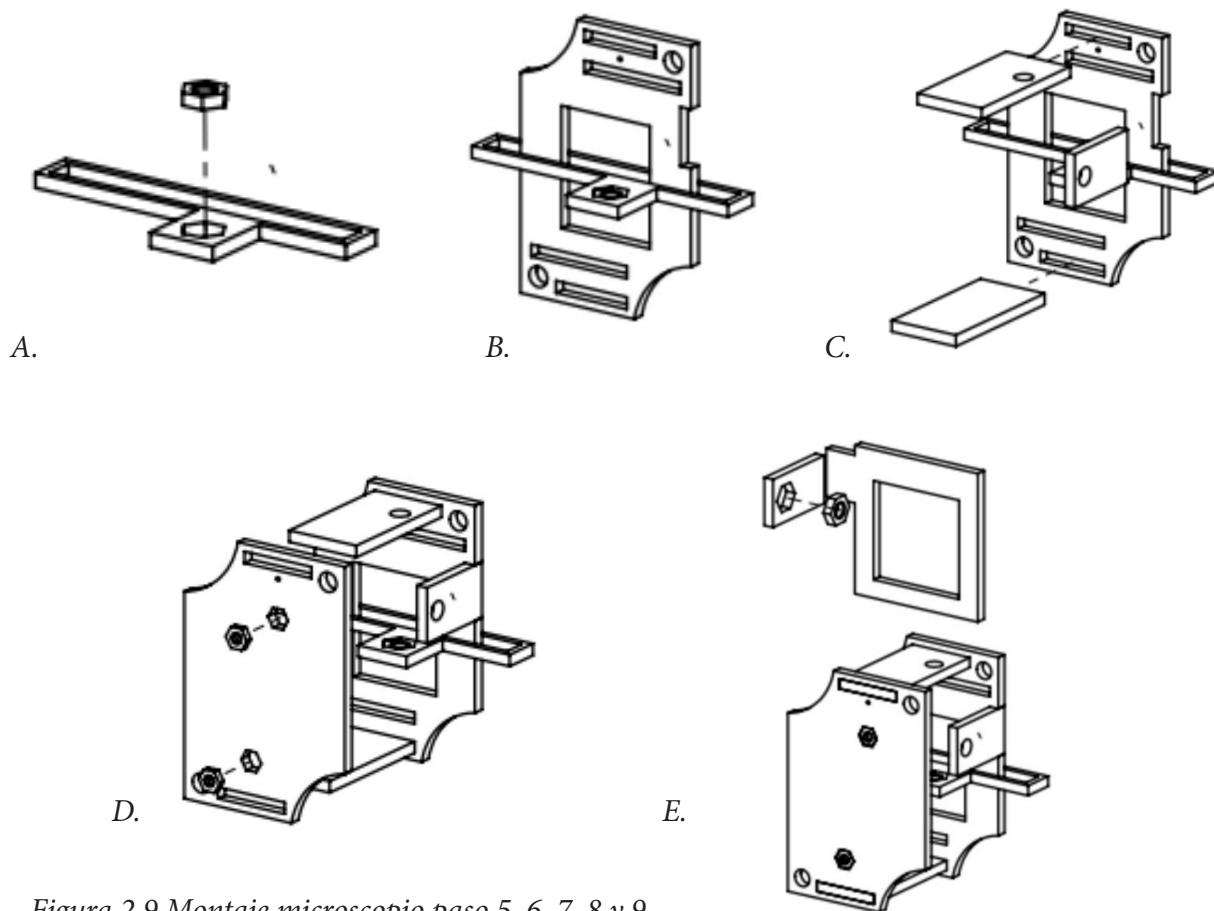
*Figura 2.7 Montaje microscopio paso 3*

Se coloca la lente objetivo en el hueco de I y para que se mantenga fijo se pone la pieza P y se ajusta con dos tuercas M8.



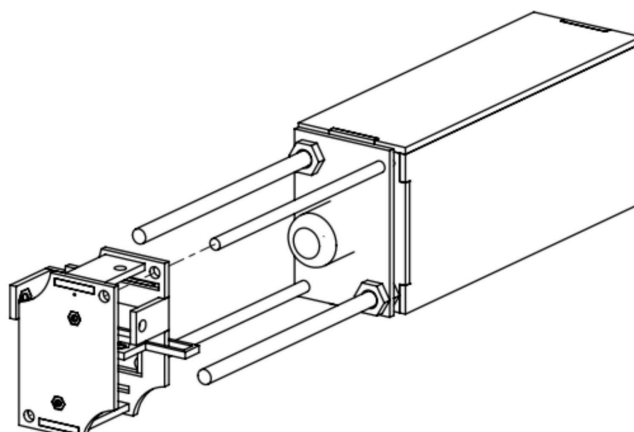
*Figura 2.8 Montaje microscopio paso 4*

Unión de las varillas de metacrilato al cuerpo por los agujeros guía de la pieza P.



*Figura 2.9 Montaje microscopio paso 5, 6, 7, 8 y 9.*

- A. Se introduce una tuerca M5 en la pieza T y se fija con adhesivo.
- B. Se introduce la pieza T en la pieza Q tal y como muestra la figura.
- C. Se pegan las piezas S, R y Z perpendicularmente a Q y se fijan con adhesivo.
- D. Se une la pieza W y a esta se le adhieren dos tuercas M3.
- E. En la pieza T y paralelamente a la pieza Q se coloca la pieza J. A la pieza J se le adhiere perpendicularmente la pieza Y, y a esta se le une una tuerca M5 en el agujero correspondiente.



*Figura 2.10 Montaje microscopio paso 10*

Unión del carro móvil al cuerpo principal tal y como muestra la figura.

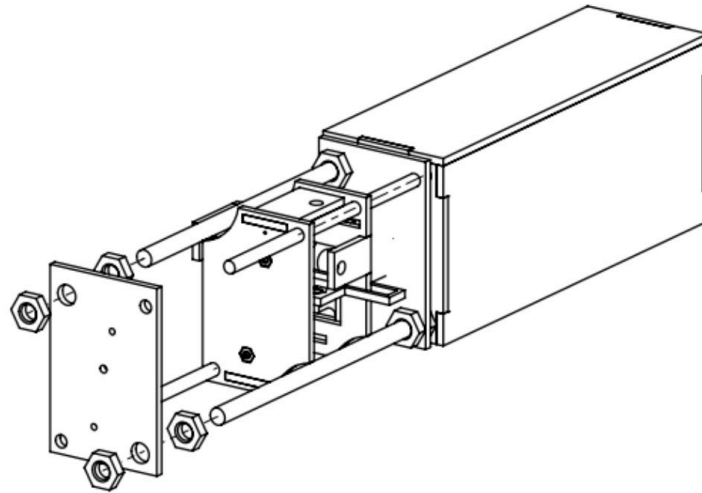


Figura 2.11 Montaje microscopio paso 11

Se roscan dos tuercas M8 al los ejes y se coloca la pieza X. Una vez colocada, se roscan dos tuercas más para marcar el tope y se ajustan a la pieza X.

*Montaje de los ejes. Para mejor compresión se oculta la estructura principal.*

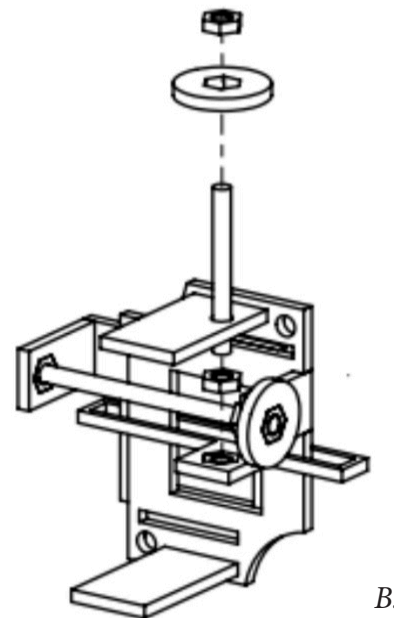
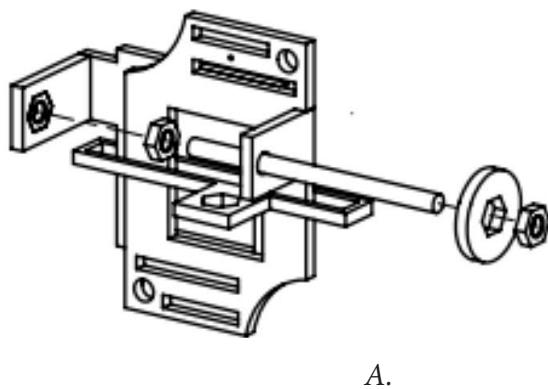
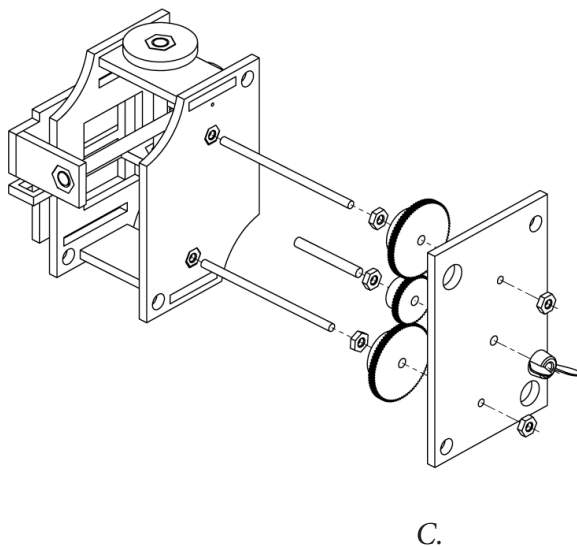


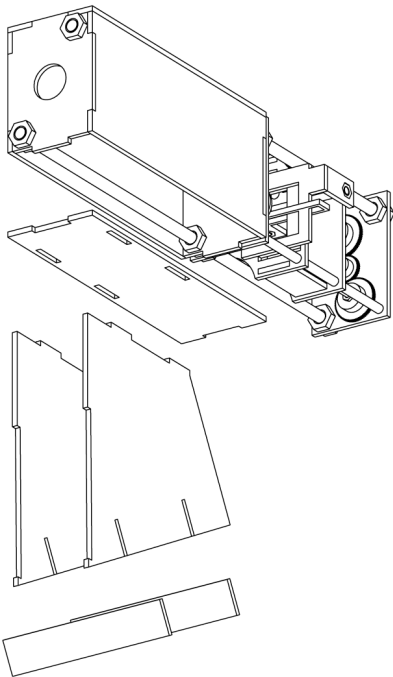
Figura 2.12 Montaje microscopio paso 12



A. Se adhiere rosca M5 a pieza N y se rosca otra tuerca M5 por la varilla. Se pasa la varilla por el agujero de la pieza Z por la parte de dentro. Se rosca por la pieza Y y después se rosca N. Finalmente, se ajusta la tuerca del medio a la pieza Z.

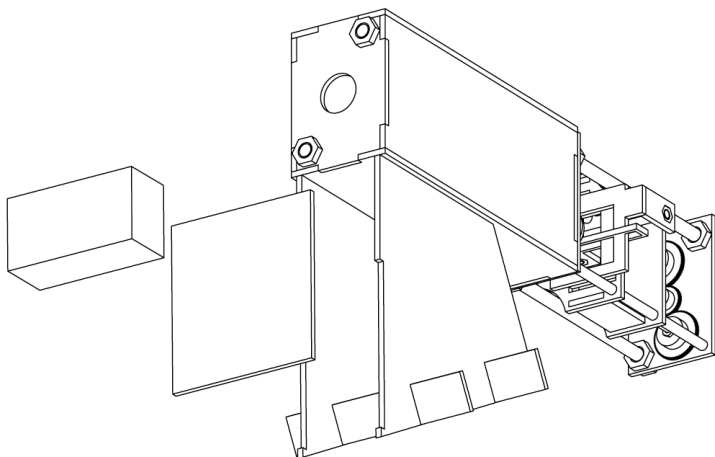
B. Del mismo modo que en el paso A, se debe montar el eje por las piezas S y R, con roscas M5 y la rueda O.

C. Se requieren 3 varillas M3, dos de 52 mm y una de 25 mm. Se roscan las dos varillas largas a W y a estas se les roscan dos tuercas M3. Se pasan los engranajes más grandes por las varillas y se encaja el engranaje pequeño con la varilla pequeña y una tuerca M3. Se añade la pieza X y se roscan dos tuercas M3 por detrás y en medio una tuerca mariposa. Se ajustan las tuercas de las varillas a los engranajes para que queden bien sujetos y transmitan correctamente.



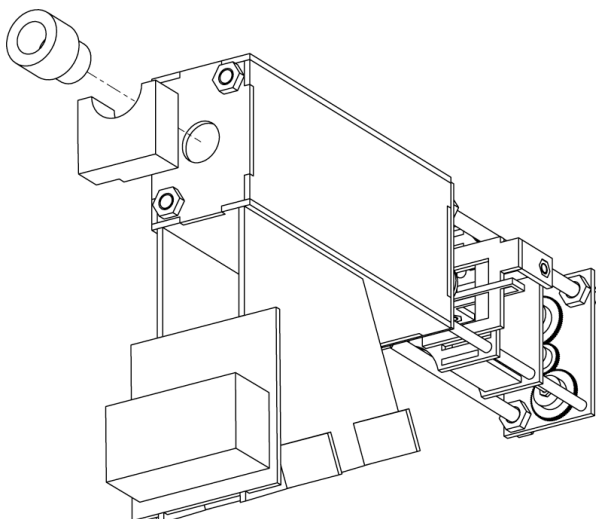
*Figura 2.13 Montaje microscopio paso 13*

Colocación de la pieza F al cuerpo principal. En los agujeros de la pieza F se unen perpendicularmente las dos piezas A y estas se fijan con adhesivo a las piezas B para formar la base del microscopio.



*Figura 2.14 Montaje microscopio paso 14*

En la ranura que dejan las dos piezas A se adhiere la pieza C y a ésta con la ayuda de velcro, la pieza de espuma D.



*Figura 2.15 Montaje microscopio paso 15*

En la pieza K se adhiere la pieza H y para finalizar con el montaje, se coloca la lente ocular:



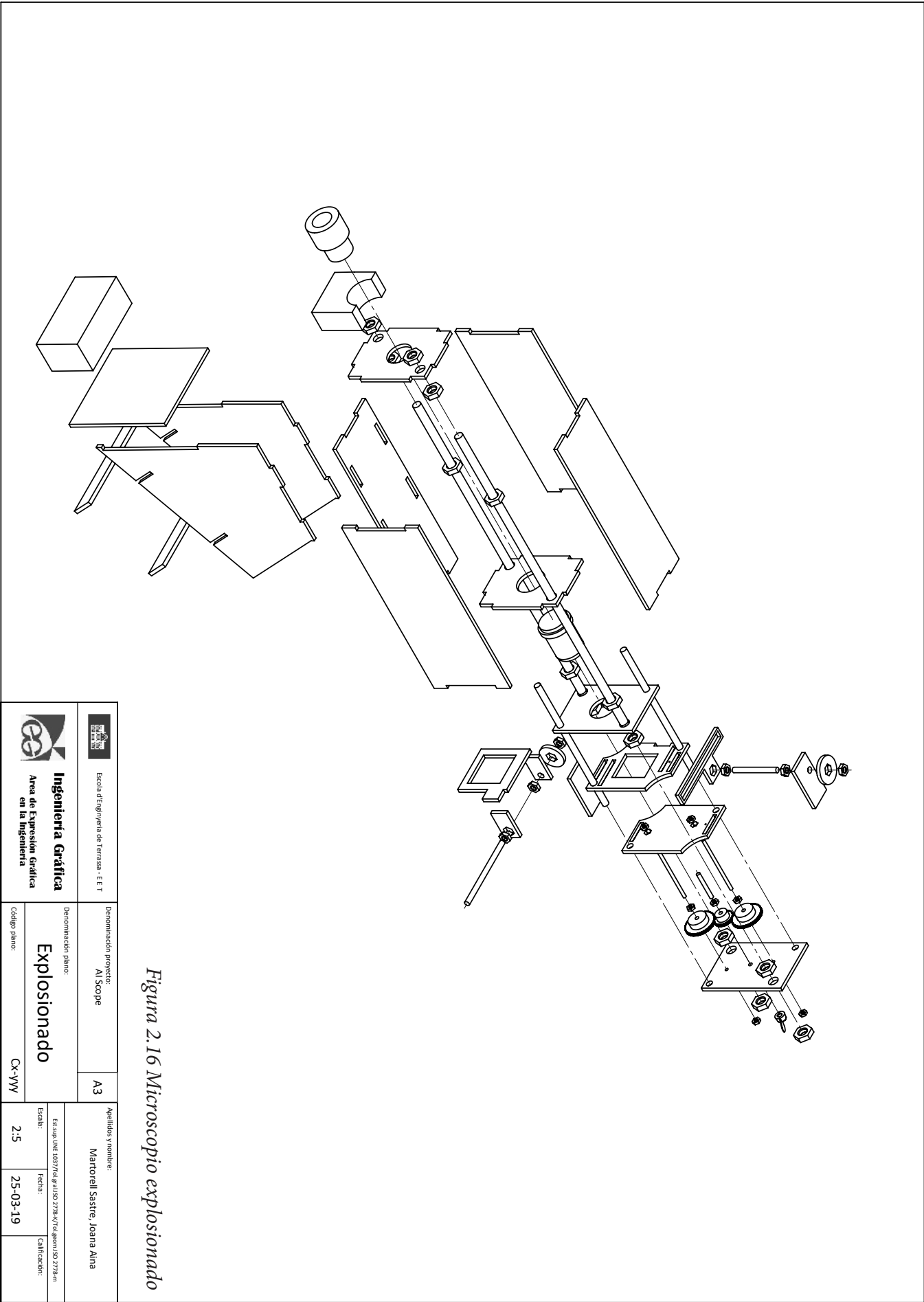


Figura 2.16 Microscopio explosionado

		Escuela de Ingeniería de Terrassa - EET	
		Ingeniería Gráfica Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería	
Denominación proyecto:		AI Scope	
Denominación plano:		A3	
Explosionado		A3	
Código plano:		CK-VVY	
Escala:		2:5	
Fecha:		25-03-19	
Calificación:			
Apellidos y nombre:		Martorell Sastre, Joana Aina	

### 3. Conceptos técnicos

#### 3.1 Piezas, función y detección de defectos

Para conocer la función de cada pieza del microscopio y sus posibles defectos de cara al rediseño se realiza la siguiente tabla;

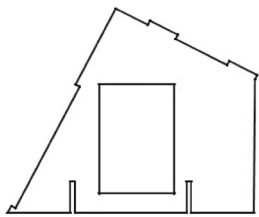


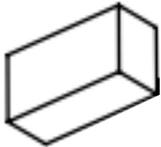


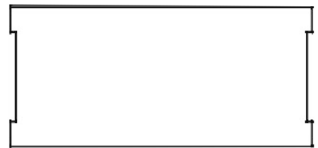
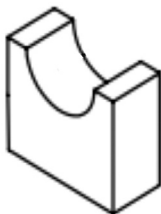
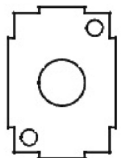
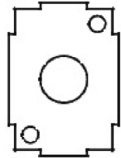
Croquis	Nombre	Función	Defectos	Posibles soluciones
	A	Es la que da la forma y el cuerpo a la base del microscopio. Une la base con la estructura principal.	Punto de unión con la pieza B para sujetar la base débil. Mejorar la sujeción de C.	Hacer entradas a la pieza B para que ésta no baile al juntarse con la pieza A.
	B	Sujeción de la pieza A y montaje de la base.	Punto de unión con la pieza A para sujetar la base débil.	Hacer entradas a la pieza B para que ésta no baile al juntarse con la pieza A.
	C	Va unida a los laterales de la pieza A y conforma la superficie a la que va sujeta la pieza D para sostener el móvil.	Necesidad de fijarla muy bien porque el contacto es débil.	Mejorar la fijación
	D	Unión a través de cinta Velcro con la pieza C. Encargada de sujetar el móvil. Es de quita y pon.	Si se pretende sujetar un móvil distinto es muy difícil llegar a una posición precisa con el sistema de velcro.	Cambio de sistema (a estudiar en el rediseño)
Conjunto Base		Sujetar la estructura principal, el móvil y aportar la inclinación indicada	Necesita más estabilidad	Cambio de sistema (a estudiar en el rediseño)

Tabla 3.1.1 Lista de piezas y función

Croquis	Nombre	Función	Defectos	Posibles soluciones
	E	Conforma el prisma de la estructura fija y aporta oscuridad	-	-
	F	Conforma el prisma de la estructura fija y aporta oscuridad. Contiene las ranuras de unión con la base	-	-
	G	Conforma el prisma de la estructura fija y aporta oscuridad	-	-
	H	Sujeta la lente ocular y marca el límite para que el móvil se aguante perpendicular y la cámara cuadre con la lente objetivo	-	Si se rediseña la pieza D, es muy probable que ésta también sufra cambios.
	I	Sujetar la lente ocular y conforma el prisma de la estructura fija	-	-
	K	Sujetar la lente objetivo y conforma el prisma de la estructura fija	-	-

*Tabla 3.1.2 Lista de piezas y función*

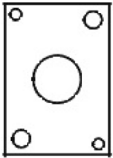
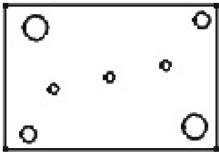


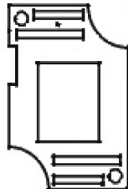

Croquis	Nombre	Función	Defectos	Posibles soluciones
	P	Sujeta la lente objetivo y la fija a la pieza K para que no se mueva	En el prototipo actual como las tuercas se desenroscan no sujeta totalmente la lente y ésta baila	Mejorar el sistema de sujeción.
	X	Pieza que delimita el límite de la estructura fija, contiene los engranajes y la tuerca mariposa.	-	-
	L	Lente ocular. Proporciona el sistema de aumento para observar la muestra y es la lente en la que se coloca la cámara del móvil.	-	-
	M	Lente objetivo. Proporciona el sistema de aumento para observar la muestra y es la lente más cercana a la muestra.	-	-
	Q	Forma parte de la parte móvil. Se trata de una pieza elemental ya que contiene a muchas otras para proporcionar el enfoque.	El hecho que contenga muchas otras piezas pegadas a ella hace que tenga que ser muy resistente. Las piezas pegadas a ella verticalmente son fáciles de romper o de despegar.	Mejorar el sistema de ajuste.
	R	Junta la pieza Q con la W.	-	Mejorar el sistema de ajuste.

Tabla 3.1.3 Lista de piezas y función




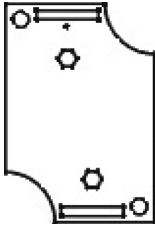


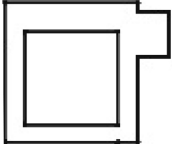
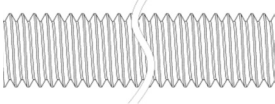
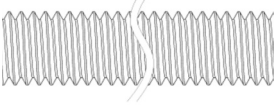
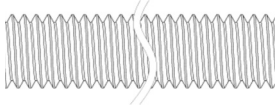
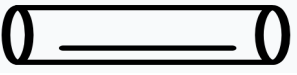
Croquis	Nombre	Función	Defectos	Posibles soluciones
	S	Junta la pieza Q con la W y contiene uno de los ejes de movimiento para el ajuste de la muestra.	-	Mejorar el sistema de ajuste.
	T	Engloba las piezas Q y J y contiene uno de los ejes de movimiento para el ajuste de la muestra. Es de contacto directo con el portaobjetos.	Se trata de una pieza muy delgada y frágil y a la vez es una parte elemental	Hacer la pieza más gruesa y mejorar el sistema de ajuste de la muestra.
	U. Tuerca de mariposa DIN 315 M3	Se ajusta a la pieza X y al girarla proporciona movimiento al engranaje central que hace que el carro móvil suba o baje.	-	-
	W	Parte inferior del carro móvil y pieza elemental. En ella se encuentran los ejes que hacen que el carro suba o baje.	-	-
	Y	Se une perpendicularmente a la pieza J y contiene una tuerca por la que pasa uno de los ejes de movimiento.	Unión débil	Mejorar el sistema de ajuste de la muestra
	Z	Se une perpendicularmente a la pieza Q y contiene uno de los ejes de movimiento.	Unión débil	Mejorar el sistema de ajuste de la muestra

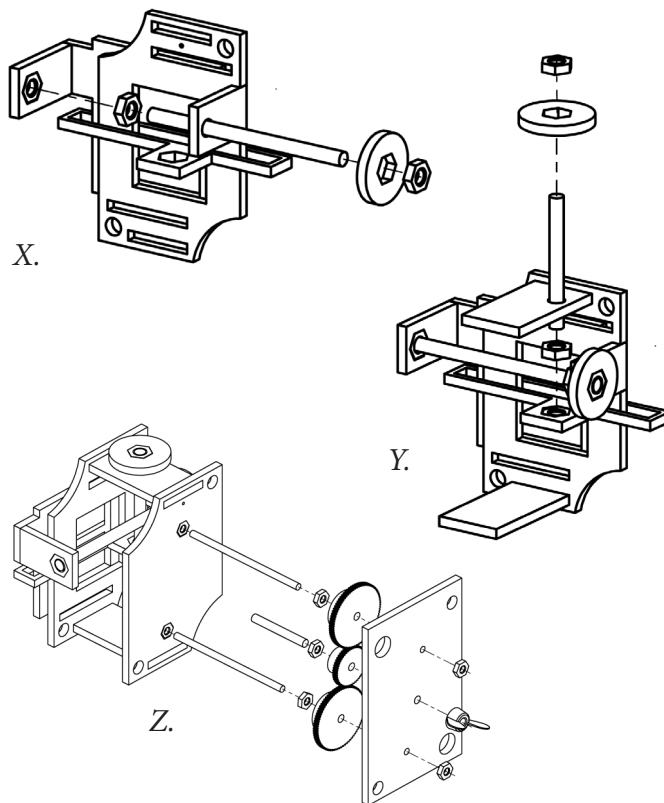
Tabla 3.1.4 Lista de piezas y función

Croquis	Nombre	Función	Defectos	Posibles soluciones
	J	Pieza que se mantiene en contacto con Q y contiene el portaobjetos.	-	-
Conjunto de tuercas		Ajustar las piezas.	-	-
	Varilla roscada DIN 975 M3	Varilla usada en la transmisión de movimiento en el eje de los engranajes.	-	-
	Varilla roscada DIN 975 M5	Varilla usada en la transmisión de movimiento en los otros ejes.	-	-
	Varilla roscada DIN 975 M8	Varilla usada para sostener la estructura fija.	Quizás no es necesario usar tantas métricas distintas y sería suficiente con una métrica menor.	Valorar la necesidad de ésta métrica.
	Varilla redonda de metacrilato	Varillas usadas para el movimiento del carro móvil.	Material que no se encuentra con mucha facilidad y con su uso acaba formando grietas.	Cambio de material
Sistema de engranajes		Encargados de transmitir el movimiento a los dos ejes encargados de subir y bajar el carro.	-	-

*Tabla 3.1.5 Lista de piezas y función*

### 3.2 Sistema de ajustamiento de la muestra

Para ajustar la muestra, el prototipo actual de Ai Scope proporciona el movimiento en tres ejes perpendiculares entre sí. Dos de ellos se regulan con una ruedecilla de metacrilato y el tercero con una tuerca de mariposa. A los dos primeros los llamaremos X e Y y el último Z.



*Figura 3.1 Ejes del microscopio*

En las siguientes figuras se muestra el montaje de cada uno de los ejes. Estos regulan el movimiento en cada una de las direcciones. El eje X controla principalmente la pieza J que es la que se encuentra en contacto con el portaobjetos.

El eje Y se encarga de mover la pieza T que envuelve la W y la J y se encarga de mover el portaobjetos para realizar mejor el enfoque.

Por último se encuentra el eje Z, el eje Z es el más completo de todos, ya que no mueve un simple conjunto de piezas, mueve todo el carro móvil. Para hacerlo se ayuda de un conjunto de tres engranajes que cuando se acciona la tuerca de mariposa transmiten el movimiento a los ejes que hacen que todo el carro baje. Se usa una tuerca de mariposa ya que si se usara una ruedecilla de metacrilato debido a la superficie de la pieza X sería muy difícil de girar y la tuerca mejora el uso y por lo tanto la ergonomía.

### 3.3 Aumento en el sistema de lentes

Tal y como se ha explicado anteriormente en el apartado de funcionamiento, las lentes ocular y objetivo tienen que tener un aumento mínimo de 1000x para proporcionar una imagen nítida para poder efectuar el diagnóstico.

Para poder gestionar y elegir las lentes indicadas es necesario comprender qué es el aumento, su importancia y cómo se calcula.

El aumento de un microscopio define la calidad y el tipo de muestras que se podrán observar. El aumento total de un microscopio indica en qué medida este puede aumentar la imagen de la muestra observada. Se puede calcular fácilmente multiplicando el aumento del ocular por el aumento del objetivo:

$$\text{Aumento microscopio} = \text{Aumento objetivo} \times \text{Aumento ocular}$$

*Fórmula 3.1 Aumento del microscopio*

El proceso de aumento se puede explicar en relación a la forma de las lentes, entendidas como cuerpos con la capacidad de desviar los rayos de luz. En el caso del microscopio las lentes son convergentes y los rayos que inciden de forma paralela son desviados de modo que convergen en un punto llamado foco.

Al observar una muestra a través de una lente convergente, este efecto genera una imagen virtual de modo que la muestra observada es de mayor tamaño que el original.

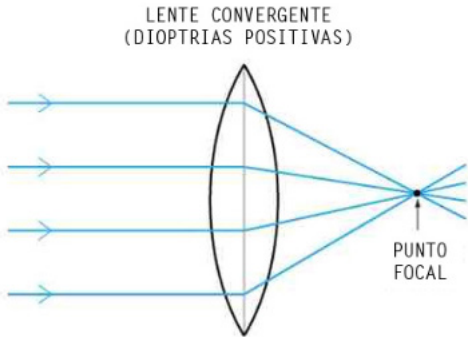


Figura 3.2 Esquema lente convergente

En un microscopio óptico, se aplica éste proceso pero con dos lentes convergentes. La imagen intermedia generada entre el objetivo y el ocular se llama imagen real y la imagen final y a su vez la observada es la imagen virtual.

El aumento de una imagen debe ir asociado con una buena resolución ya que sino se obtiene una imagen aumentada en la que no se pueden apreciar los detalles.

Al igual que haciendo zoom en una imagen digital en la que aparecen píxeles y no más detalles, lo mismo pasaría con un microscopio.

Se pueden combinar lentes para aumentar más la imagen pero se llega a un punto en el que la imagen aumenta pero no la resolución, de modo que la imagen obtenida no aporta nueva información.

La resolución obtenida mediante una lente viene definida por su apertura numérica. Para observar una muestra a buena resolución se debe utilizar un aumento de entre 500 y 1000 veces la apertura numérica del objetivo. Este rango de aumento se llama aumento útil, si se procede a aumentar la imagen por encima de este rango la imagen aparece borrosa y sin ganancia de resolución, en este caso se llama aumento de vacío.

En un microscopio el aumento y la apertura numérica aparece en el lateral de las lentes apuntado. Es importante remarcar que la máxima apertura numérica de los objetivos está limitada a valores de aproximadamente 1.50 y por éste motivo, el máximo aumento útil que se puede obtener con un microscopio óptico es de 1500.

A continuación se adjunta una tabla que muestra el aumento total de un microscopio para distintos valores estándar del aumento de los objetivos del ocular:

		OCULAR			
		10x	12x	15x	20x
O B J E T I V O	2x (0.06)	20x	24x	30x	40x
	4x (0.1)	40x	48x	60x	80x
	10x (0.25)	100x	120x	150x	200x
	20x (0.4)	200x	240x	300x	400x
	40x (0.65)	400x	480x	600x	800x
	60x (0.75)	600x	720x	900x	1200x
	100x (1.25)	1000x	1200x	1500x	2000x

Los valores que corresponden a un aumento útil están marcados en verde, mientras que los que corresponden a un aumento vacío están marcados en naranja. En esta tabla, sólo se indican los valores comprendidos entre 500 y 1000 veces la apertura numérica. El valor entre paréntesis en la primera columna (objetivos) corresponde a la apertura numérica habitual para dichos aumentos.

Tabla 3.2. Tabla de aumentos



## 4. Estudio ergonómico

Como en todo instrumento es necesario tener en cuenta el tema de la ergonomía para facilitar su uso i que este no provoque dolores ni malas posturas. La intención es hacer que el microscopio se adapte al usuario y no al contrario.

Se define como ergonomía el estudio científico de personas y de sus condiciones de trabajo especialmente realizado para mejorar su eficiencia.

Trabajar en un ambiente adaptado ergonómicamente ayuda a prever lesiones y contribuye al bienestar general del personal y de la productividad.

Cuando se busca información sobre la ergonomía de un microscopio la mayoría de problemas se centran en la posición del ocular y la postura que debe adoptar el operador para poder usarlo. En el caso de AI Scope no tiene sentido tenerlo en cuenta ya que el operador no va a situar sus ojos directamente en el ocular, sino que va a poner un teléfono móvil.

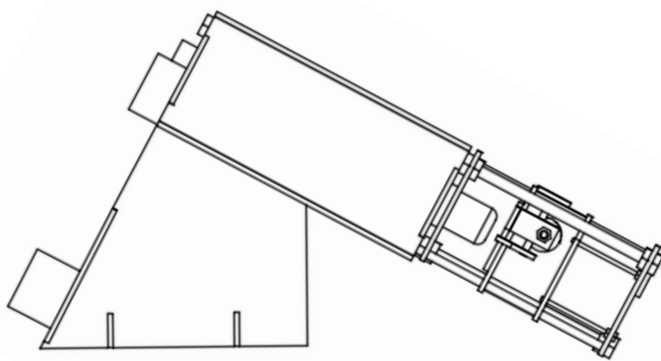


Figura 4.1 Esquema AI Scope

Se va a tener en cuenta que tenga una inclinación idónea para evitar malas posturas, que no sea excesivamente largo para que el manejo, que el enfoque se realice con facilidad y que el operador no tenga su vista muy cercana a la pantalla.

Tal y como podemos ver en el esquema, el microscopio tiene una forma triangular. El ángulo situado abajo a la izquierda es el que define el grado de inclinación de la pantalla del móvil que se va a colocar.

Para empezar, el objetivo será definir un ángulo aproximado para que éste sea cómodo y no provoque malas posturas en su uso.

El grado de inclinación del prototipo actual es de 62,13 grados, ¿se trata de un ángulo práctico para observar una pantalla?

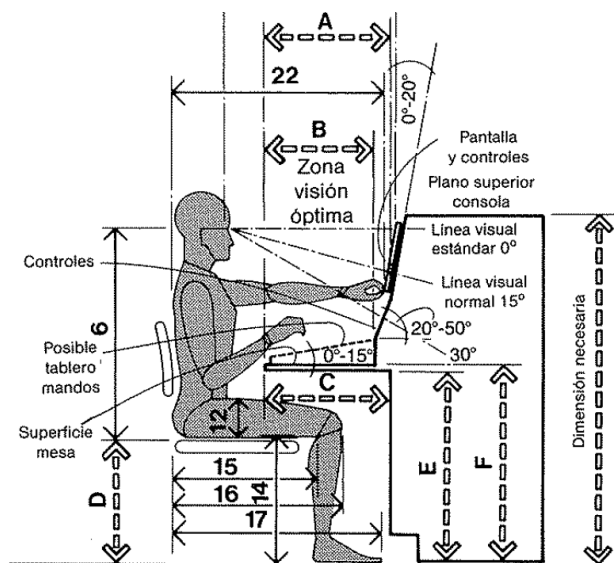
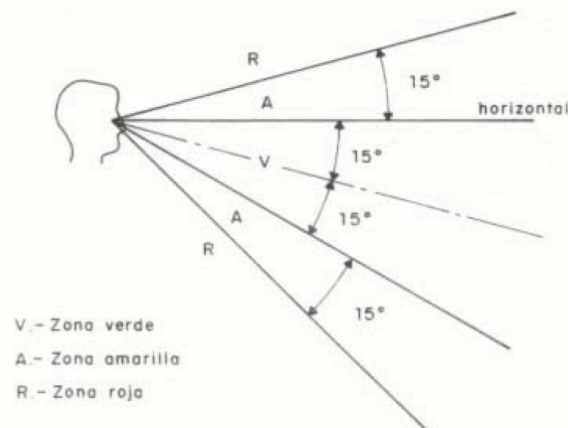


Figura 4.2 Orientaciones de diseño /  
Módulos de comunicación visual

A la izquierda se adjunta una imagen esquema que simula un espacio ergonómico idóneo para pantallas. Como podemos ver en la ergonomía aparecen muchos factores que debido a las situaciones en las que se va a dar el diagnóstico no se pueden controlar, ya que en cada sitio son distintas. Va a depender del usuario adaptar la mesa, la silla de trabajo y la distancia a la que dispone el microscopio ya que el microscopio no se puede adaptar a cada condición. Obviamente en el proceso de rediseño se tendrá en cuenta la ergonomía pero también su funcionalidad y su precio. En muchos casos, añadir sistemas de regulación y adaptación al usuario supone un coste mayor y si éste es muy elevado no se incluirá en el microscopio, ya que se prioriza que sea asequible y su funcionalidad por encima de los otros factores.

Resulta obvio que para la inclinación de la pantalla se deben usar ángulos agudos, ya que de lo contrario no se sujetaría el móvil y sería muy difícil observar la muestra, pero es necesario buscar un ángulo intermedio ya que si es muy abierto el usuario tendrá que bajar la vista y si es muy cerrado tendrá que realizar una flexión excesiva del cuello. Suponiendo que el microscopio está situado entre la zona de visión óptima y que el dispositivo debe estar en el campo visual entre la línea visual estándar y la línea visual normal (teniendo en cuenta que el puede usuario flexionar el cuello) se llega a la conclusión de que aproximadamente el ángulo no puede ser superior a  $65^\circ$  ni inferior a  $50^\circ$ .

Como el prototipo a analizar tiene un ángulo de  $62^\circ$ , podemos decir que se encuentra en el campo visual indicado para usar el microscopio ergonómicamente.



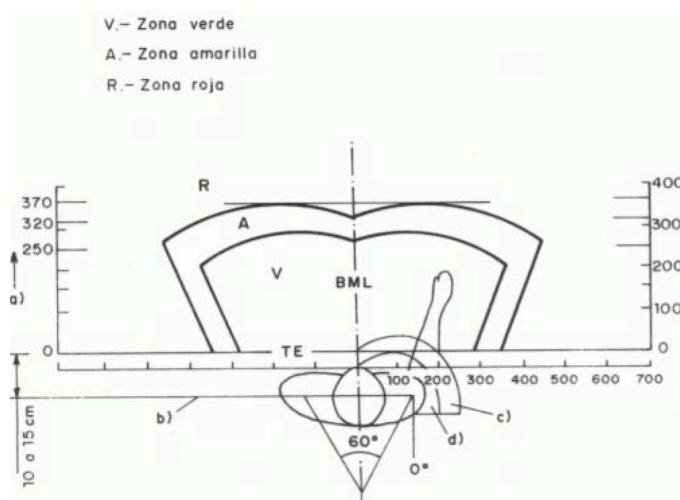
**Figura 4.3 Comunicación visual en el plano sagital**

Otro de los factores que se va a analizar es el tema de la regulación de enfoque y si ésta es cómoda para el usuario.

Actualmente el sistema de enfoque se encuentra en la parte móvil en la que perpendicular a cada dirección se encuentra una ruedecita para poder ajustar la muestra. Para poder mover la parte móvil arriba y abajo se encuentra en la parte inferior una tuerca de mariposa para poderlo ajustar.

¿Se trata de un sistema cómodo de usar?

Según la imagen adjunta, si para utilizarlo el usuario mantiene el brazo en la zona verde se considera ergonómico, se llama zona amarilla si se tiene que alargar el brazo y zona roja si se tiene que inclinar la espalda para poder llegar. En el aspecto horizontal AI Scope se mantiene en zona verde, ya que se trata de un dispositivo que tiene una forma más vertical y alargada. Verticalmente podemos decir que las dos primeras ruedecillas para regular el enfoque se encuentran en zona verde. La tuerca de mariposa que regula la subida y la bajada de la parte móvil es la que delimita si el enfoque es ergonómico o no, a base de probarlo se comprueba que sigue en zona verde pero que dependiendo del usuario marca el límite entre la zona verde y la amarilla así que el microscopio actual tiene un tamaño adecuado pero no se puede alargar más.



**Figura 4.4 Límites de alcance en el plano horizontal**

Como conclusión se puede decir que el modelo analizado es ergonómico pero se deben tener en cuenta los factores y parámetros nombrados y se pueden hacer varias mejoras:

- Intentar que la regulación del eje de subida y bajada caiga más cerca de la zona verde. Se debe valorar si vale la pena acortar unos centímetros de los ejes de recorrido para que sea más cómodo.
- Hacer las ruedas con algún acabado (como por ejemplo rasgar los bordes), para que no deslicen tan fácilmente al momento de ajustar.
- Tener en cuenta que hay que elegir un ángulo adecuado para el microscopio.

## 5. Normativas

Al diseñar un objeto es necesario buscar qué normativas le afectan para tenerlas en cuenta en el momento de rediseñar. Por el carácter global que tiene el microscopio resulta muy complicado buscar una normativa que se pueda aplicar mundialmente ya que en cada país son distintas y en algunos casos se carece de ella.

En el marco europeo se ha encontrado la siguiente normativa;

- Normativa en el marco legal europeo sobre productos sanitarios: Las normas relativas a la seguridad y al rendimiento de los dispositivos médicos en la UE se armonizó en la década de 1990, siguiendo el nuevo enfoque en los principios legislativos. El marco jurídico central consta de tres directivas de las cuales una incluye el tema del microscopio; Directiva 93/42/ CEE sobre los dispositivos médicos (MDD) 1993.

En el marco internacional se encuentra la normativa ISO, que es la Organización Internacional de Normalización que presenta diversas normas para los microscopios. En el caso de AI Scope sólo afectaría la siguiente normativa:

- **ISO 8255-1: 2017 Microscopios - Cubiertas - Parte 1:** Tolerancias dimensionales, grosor y propiedades ópticas. Especifica los requisitos para las tolerancias dimensionales, el grosor y las propiedades ópticas de los anteojos de microscopio utilizados para microscopía de luz transmitida en el rango espectral visible (400 nm a 760 nm).
- **ISO 8255-2: 2013 Microscopios - Cubiertas - Parte 2:** Calidad de los materiales, estándares de acabado y modo de embalaje. Especifica los requisitos y los métodos de prueba para la calidad del material, los estándares de acabado y el modo de embalaje para los anteojos de microscopio.
- **ISO 19012-1: 2013 Microscopios - Designación de los objetivos del microscopio - Parte 1:** Planitud de campo / Plan. Especifica el uso de la marca "Plan" en los objetivos del microscopio, y define el diámetro de la región nítida de la imagen primaria de una superficie de objeto plana.
- **ISO 19012-2: 2013 Microscopios - Designación de los objetivos del microscopio - Parte 2:** Corrección cromática. Especifica las clases de corrección cromática y define los requisitos mínimos con respecto a la corrección cromática. La marca definida en el componente permite al operador utilizar correctamente el microscopio. La aplicación estándar para observación visual se refiere a la combinación de objetivo y lente de tubo según lo especificado por el fabricante. Las especificaciones relativas a la corrección cromática solo se refieren a la aberración cromática axial.
- **ISO 19012-3: 2015 Microscopios - Designación de los objetivos del microscopio - Parte 3:** Transmisión espectral. Especifica la relación de las características espectrales entre el diseño óptico y la descripción para los usuarios de microscopios para la transmisión espectral de objetivos, como la guía.
- **ISO 9345: 2019 Microscopios - Dimensiones de interconexión para componentes de imagen:** Este documento especifica las dimensiones relacionadas óptica y mecánicamente para obtener imágenes de los componentes de un microscopio, como
  - a) las dimensiones relacionadas con el objetivo, ocular y lente de tubo,
  - b) las dimensiones de los tipos de rosca de tornillo para conectar un objetivo de microscopio a la boquilla, y
  - c) los diámetros de los oculares intercambiables y los tubos de observación correspondientes de los microscopios.
- **ISO 8039: 2014 Microscopios - Valores, tolerancias y símbolos para la ampliación:** Especifica una serie de valores, tolerancias y símbolos para la ampliación de los componentes de imagen de los microscopios de luz y define una serie de componentes de imagen y sistemas de ampliación a los que se aplican.

- **ISO 8578:2012 Microscopios - Marcado de objetivos y oculares:** Especifica el formato para el marcado de datos o símbolos para las características ópticas en los objetivos y oculares del microscopio y la posición de los datos. Hace recomendaciones para el marcado de información adicional, en particular la codificación por colores de los anillos que designan la ampliación de los objetivos y los medios de inmersión con los que se utilizan.
- **ISO 9344: 2016 Microscopios - Grátulas para oculares:** Especifica las dimensiones y los defectos de material permisibles y las fallas de procesamiento para las retículas con diámetros de 19 mm, 21 mm y 26 mm que se deben utilizar en oculares de microscopio para fines de medición, evaluación y comparación.
- **ISO 8036: 2015 Microscopios - Líquidos de inmersión para microscopía óptica:** Describe las características de los líquidos de inmersión utilizados en microscopía. Clasifica los líquidos de inmersión según su campo de aplicación y especifica los requisitos y los métodos de prueba para cada tipo. La norma ISO 8036: 2015 especifica además un sistema de designación para líquidos de inmersión, la información que debe incluirse en las etiquetas de los contenedores y la información que debe suministrarse en las hojas de datos técnicos.
- **ISO 12853: 2015 Microscopios - Información proporcionada al usuario:** Especifica la información mínima requerida que debe proporcionar al usuario el fabricante del microscopio. Esta norma internacional no es aplicable a los microscopios invertidos, microscopios de técnica avanzada y microscopios de pantalla digital.
- **ISO 19055: 2015 Microscopios - Requisitos mínimos para tubos binoculares:** Especifica los requisitos mínimos con respecto a la calidad de imagen y la ergonomía de visualización de los tubos binoculares para microscopios compuestos cuando se utilizan con oculares según lo especificado por el fabricante. ISO 19055: 2015 hace una distinción entre los tubos binoculares con y sin ajuste de dioptrías.

En relación a todas estas normativas nombradas hay que tener en cuenta que por las especiales características de AI Scope no se podrán aplicar todas.

En primer lugar, todas aquellas normativas referentes a la lente y al aumento, como por ejemplo la ISO 19012, se cumplirán porque al usar lentes ya normalizadas estas normas vienen implícitas.

Las cubiertas, según la norma ISO 8255, no se pueden seguir al pie de la letra ya que la composición en cuanto a piezas no tiene mucha relación con un microscopio óptico convencional. Simplemente se tendrá en cuenta que en los planos aparezcan las tolerancias dimensionales necesarias.

No se requerirá ningún líquido de inmersión por lo que se puede descartar la norma ISO 8036 y también la ISO 12855 ya que se posee pantalla digital, en el caso de AI Scope el teléfono móvil.

Para finalizar, también se descarta la ley ISO 19055 ya que este tipo de ergonomía no tiene sentido al mostrar la imagen en pantalla y no tener que poner el ojo directamente en el ocular.

## 6. Propuesta pre conceptual

Para poder empezar con la propuesta de rediseño es necesario especificar y definir las características principales que éste debe cumplir. En este apartado se presentan los requisitos básicos, los defectos encontrados en el funcionamiento del prototipo real que se deben mejorar y también se define una estructura a seguir para el proceso de rediseño.

### 6.1 Requisitos básicos

Los requisitos básicos que se deben cumplir al rediseñar el microscopio son los siguientes, ya explicados en la introducción, se considera que son los elementales y se deben tener en cuenta y como prioridad en toda la fase del rediseño.

- El microscopio debe ser construido con materiales estándar para que en caso de que alguna de las partes presente un fallo, ésta sea de fácil recambio en cualquier parte del mundo.
- Debe ser lo más económico posible.
- El método de fabricación debe de ser sencillo y lo más fácil de replicar posible en cualquier parte del mundo.
- Se debe tener en cuenta la normativa y usar materiales que no puedan contaminar las muestras.
- Las piezas por separado no pueden ser complejas.
- La distancia ocular debe ser siempre fija.
- Debe ser ergonómico y estable.
- Tiene que poder sujetar un teléfono móvil.
- Incorporar el sistema de enfoque automático

### 6.2 Futuras mejoras del microscopio

En el análisis de patente se ha estudiado a detalle el prototipo actual y se han detectado algunos defectos y detalles que se deben mejorar en el momento del rediseño. A continuación se presenta una lista de elementos que también se deben incluir en la fase de rediseño en la medida de lo posible.

- Implementar un sistema para sujetar el móvil que se pueda regular y acepte diversidad de modelos.
- Optimización del material; el modelo actual ya lo optimiza mucho pero a medida que se rediseñe algunas piezas van a cambiar, se van a eliminar y se van a añadir nuevas, así que es necesario que estas estén bien dispuestas para poder optimizarlo.
- En el último modelo se utilizan diversas varillas y tuercas de tamaños DIN distintos. Optimizar el material y si es posible, minimizar el número de DIN para que sea más económico y que la métrica M8 no dé un aspecto excesivamente robusto al microscopio.
- Estudiar los distintos materiales y valorar si es posible hacer cambios. Un detalle a cambiar serían las varillas de metacrilato por las que desliza el carro móvil ya que se agrietan y no son muy fáciles de encontrar.
- Incorporar un LED en la parte inferior del microscopio para observar con mejor detalle la muestra.
- Mejorar el sistema de enfoque de tres ejes.
- Hacer algunas piezas más resistentes y en caso necesario, simplificarlas.
- Dar más estabilidad a la base
- Implementar el sistema de motores y componentes electrónicos.
- Mejorar la sujeción de la lente objetivo

### 6.3 Organización de la fase de rediseño



*Figura 6.1 Mapa conceptual de la fase de rediseño*

#### 1. Diseño de los sistemas

- 1.1 Sistema para sujetar el móvil
- 1.2 Sistema base
- 1.3 Sistema para la sujeción de las lentes
- 1.4 Sistema de enfoque e incorporación de componentes electrónicos

#### 2. Aplicación de los sistemas al diseño general

#### 3. Mejora del diseño general

- 3.1 Substitución de materiales
- 3.2 Optimización de los materiales
- 3.3 Unión de los sistemas y mejoras en la estabilidad

#### 4. Funcionamiento

# 7. Investigación de materiales

## 7.1 Introducción

En la fase de rediseño es necesario realizar una investigación de los materiales ya que en muchos casos existen materiales más convenientes para la función, más económicos y más básicos que pueden desempeñar un papel elemental en la estructura y el funcionamiento del microscopio.  
Tal y como se ha definido en el análisis de la patente, AI Scope se compone de la siguiente lista de materiales:

Material
Placa de metacrilato opaco
Varilla redonda de metacrilato transparente
Lente ocular 10x
Lente objetivo 100x
Cinta adhesiva Velcro
Plancha de espuma de polietileno stratocell 16kg/m3
Varilla roscada DIN 975 M3
Varilla roscada DIN 975 M5
Varilla roscada DIN 975 M8
Tuerca hexagonal ISO 4036 d M3
Tuerca hexagonal ISO 4036 d M5
Tuerca hexagonal ISO 4036 d M8
Engranaje recto Módulo 0,5 D32Z con piñón (POM)
Engranaje recto Módulo 0,5 D46Z con piñón (POM)
Tuerca de mariposa DIN 315 M3

Tabla 7.1 Tabla resumen de materiales

En esta fase se propone estudiar distintos materiales para substituirlos o confirmar que se trata de los correctos. Como se ha podido ver, la mayoría de piezas de AI Scope son de metacrilato ya que hasta el momento se ha considerado el material más idóneo para su fabricación.  
Durante la fase de rediseño algunas geometrías pueden cambiar y pueden surgir nuevas necesidades entorno a los materiales pero no se va a realizar un cambio muy drástico en la estructura ya que al tener que ser replicada con técnicas asequibles para toda la población no se pueden tratar geometrías muy complejas.  
Teniendo en cuenta esto, se llega a la conclusión de que se pueden seguir buscando materiales rígidos en formato plancha para su fabricación bajo la premisa de que sean materiales estándar y asequibles.  
El resto de piezas son normalizadas y solo se encuentran dos materiales a los que se deban buscar sustituto en caso necesario; las varillas redondas de metacrilato y la espuma stratocell.

## 7.2 Materiales plancha

Para poder comparar los precios, se han elegido planchas de espesores cercanos a los 3 mm y de dimensiones A3 (297 X 420 mm). En caso de no haberse encontrado planchas de dicho tamaño, éste aparecerá especificado al lado del precio.



Material	Características	Aplicaciones	Aspectos positivos	Aspectos Negativos	Dificultad al ser trabajado	Disponibilidad	Precio
Plancha de DM	Madera semidura, uniforme, homogénea, de acabado fino y resistente.	Decoración, arquitectura, mobiliario, interiorismo...	Estabilidad dimensional. Buenos acabados	Mayor peso La madera se hincha con la humedad y puede contener bacterias.	Baja. Fácil de tallar, serrar y pegar.	Alta	1,25€ (A3 x 2,5 mm)
Plancha de conglomerado DM	Conglomerado semiduro y resistente.	Mobiliario, tableros, maquetas...	Estabilidad dimensional y muy resistente. Menor peso que la plancha de DM.	Poca disponibilidad de espesores finos. Susceptible a la humedad.	Baja. Fácil de tallar, serrar y pegar.	Alta	1,5€ (600 x 300 x 4 mm)
Plancha de Polipropileno celular	Ligera y fácil de manipular. Dispone de huecos que conforman las células.	Rótulos, lámparas, embalajes, separadores...	Ligero. Resistente a la humedad. Reciclable. Posibilidad de ser serigrafiado.	Las células dificultan el encaje. Poca disponibilidad de espesores finos.	Baja	Media	3,05€ (A3 x 5 mm)
Plancha de Metacrilato opaco	Termoplástico rígido, resistente y fácil de moldear con calor.	Construcción y arquitectura, automovilística, packaging cosmético, expositores...	Alta resistencia al impacto. Resistente a la intemperie. Aislante térmico. Ligereza. Gran facilidad de mecanización y moldeo.	Se raya con facilidad. Precio elevado en comparación con otros materiales.	Baja. Excelente respuesta mecánica. Se puede perforar y lijar. También, doblar con aplicación de calor.	Alta	7,75€ (A3 x 3 mm)

*Tabla 7.2.1 Investigación de materiales.*

Material	Características	Aplicaciones	Aspectos positivos	Aspectos Negativos	Dificultad al ser trabajado	Disponibilidad	Precio
Plancha de Policarbonato	Termoplástico rígido, resistente y fácil de moldear con calor.	Comunicación visual, protección de maquinaria, Interiorismo, automoción, áreas de protección...	Resistencia a los impactos. Excelente protección contra las agresiones intencionadas. Autoextinguible. Elevada resistencia a la rotura. Ligereza. Óptimas características metálicas. Alta resistencia a los agentes químicos y atmosféricos.	No se puede cortar con láser ya que hace que rebote y dañe la máquina.	Media. Puede serrarse con sierra eléctrica, termoformarse, curvarse en frío, mecanizarse, moldearse, encolarse y soldarse.	Alta	8,7€ (A3 x 3 mm)
Plancha de PVC rígido	Tipo de PVC extruido con un acabado homogéneo, suave y brillante.	Cartelería, señalética, stands de ferias, escaparatismo, decoración de interiores, zonas húmedas, aires acondicionados...	Resistente a la llama, a productos químicos y corrosión. Resistencia al impacto. Resistente a la intemperie. Fácil de laminar y de imprimir. Reciclable.	No puede cortarse con láser ya que puede provocar daños irreparables en la máquina.	Baja. Fácil mecanizado; se puede cortar, serrar, fresar, rellenar, taladrar, esmerilar y atornillar.	Alta	5,7€ (A3 x 3 mm)
Plancha PET liso	Compuesta de polietileno tereftalato, su principal característica es una gran resistencia al impacto aunque inferior a la del policarbonato compacto.	Acristalamiento de seguridad, displays, protector de posters, carteles impresos, carteles luminosos, cajas de luz, almacenamiento en cámara fría, protectores de maquinaria, pantallas, visores...	Resistente al impacto. Puede imprimirse.	La gran mayoría son transparentes así que no interesa ya que se debe lograr una opacidad adecuada para poder observar la muestra.	Baja. Puede cortarse con cúter dependiendo de su grosor y cortarse con caladora, sierras circulares y hojas de carbono. Puede atornillarse con puntas especiales para plástico, puede curvarse en frío y puede termoconformarse.	Media	6,7€ (A3 x 3 mm)

*Tabla 7.2.2 Investigación de materiales.*

Material	Características	Aplicaciones	Aspectos positivos	Aspectos Negativos	Dificultad al ser trabajado	Disponibilidad	Precio
Plancha rígida de nylon	Posee muy buenas propiedades mecánicas, eléctricas, térmicas y químicas.	Engranajes, cojinetes, rodillos, piñones, eslabones de cadena, cremalleras, coronas, perfiles...	Alta resistencia mecánica. Buena mecanización. Gran resistencia a la abrasión y al impacto. Buena resistencia a aceites de maquinaria y al hidrógeno de carbono pero no a los ácidos. Estabilidad térmica. Buena resistencia a la fatiga y al desgaste.	Precio muy elevado.	Media. Puede mecanizarse con herramientas como taladros, sierras de calar... Material soldable y adhesivable. Puede cortarse con máquinas de control alfanumérico.	Media – Baja	92,14€ (1000 x 1000 x 3 mm)
Panel sándwich Dibond (ALUMINIO-PE)	Formado por dos placas finas de aluminio y un núcleo de polietileno.	Perfecto para montajes 3D tanto en interior como en exterior.	Gran estabilidad y resistencia a la flexión. Resistencia a las condiciones meteorológicas. Resistente a la corrosión, rayos UV. Bueno para el serigrafiado. Ligereza	En su interior no es uniforme sino ondulado. No apto para cortadora láser convencional.	Baja. Puede utilizarse para construir en tres dimensiones mediante biselado, fresado y curvado. Puede serrarse, taladrarse e imprimirse.	Media	5,5€ (A3 x 3 mm)
Plancha de Poliestireno rígido (HIPS)	Termoplástico diseñado para acciones que requieren buenas propiedades eléctricas y mecánicas.	Acrilalamientos y difusores de luz, cartelería interior, embalaje, manualidades, enmarcación, displays...	Estabilidad dimensional frente al calor. Gran rigidez. Dureza. Buenas características mecánicas. Buen aislante eléctrico. Resistente a las termitas y microorganismos. No tóxico. Reciclable.	Poca resistencia a disolventes aromáticos y clorados, a la grasa, bencina, cetonas... Poca resistencia a altas temperaturas.	Media. Puede cortarse con sierra de calar o de mesa, taladrarse, encolarse, imprimirse mediante estarcido, fresarse, fotografiarse y termoconformarse.	Alta	6,5€ (A3 x 3 mm)

*Tabla 7.2.3 Investigación de materiales.*

Una vez comparadas las distintas posibilidades de material se procederá a elegir cual es la más apropiada para la estructura. Para empezar, se descartarán todos aquellos materiales que aumenten excesivamente el presupuesto del prototipo y aquellos que presenten dificultades al ser cortados con corte láser y manualmente.

Según estas premisas se descartan los siguientes materiales; plancha de Policarbonato, plancha de PVC rígido, plancha de Poliestireno rígido HIPS, plancha rígida de Nylon y panel sándwich Dibond.

Acto seguido se evaluarán los materiales restantes por sus propiedades. En primer lugar se descarta la plancha de conglomerado DM ya que pese a su gran estabilidad dimensional, sólo se pueden disponer de espesores excesivamente gruesos que darían un aspecto muy robusto al microscopio, multiplicarían su peso y dificultarían el funcionamiento. También, remarcar que los materiales de madera no son los más idóneos para el microscopio ya que son menos resistentes al desgaste y susceptibles a la humedad.

También se descartan las planchas de Polipropileno celular por aspectos estructurales; se disponen de espesores muy gruesos para el montaje ya las pueden células dificultar el montaje.

La plancha de PET liso tampoco es la más idónea ya que la disponibilidad de planchas de PET opacas es muy baja y en el montaje del microscopio se debe descartar el uso de materiales incoloros ya que sin una opacidad total no se logra una correcta observación de las muestras a través del microscopio.

Para finalizar, sólo se disponen de dos materiales en la lista, la plancha de Metacrilato opaco y la plancha de DM. La plancha DM, tal y como hemos comentado anteriormente, es de madera y no es la más idónea para el microscopio así que se confirma que el metacrilato es el material más adecuado.

Por lo tanto, el siguiente prototipo seguirá siendo de metacrilato ya que se trata de un material con muy buena resistencia al impacto y al desgaste y es de constitución rígida y estable. Además, es ligero, factor que favorece el transporte, y es fácil de mecanizar y cortar en láser. Otro factor que determina la elección de este material es el hecho de que sea un material estándar y fácil de encontrar en muchas partes del mundo.

En comparación con el resto de materiales tiene un precio mayor pero no excesivo, valorando que la gran mayoría de las piezas del prototipo provienen de él.

En caso de no encontrar metacrilato, se plantea la sustitución de este por una plancha de DM, que es un material mucho más económico y fácil de encontrar. Dentro de el campo de las planchas de madera es de las más resistentes al desgaste y por lo tanto la más apta para la realización del prototipo.



*Figura 7.1 Plancha DM*



*Figura 7.2 Planchas de Metacrilato opaco*

### 7.3 Materiales de la guía

Este apartado consiste en encontrar un sustituto o bien confirmar la utilización de las varillas de metacrilato como guías del carro móvil. Para poder comparar el precio se buscarán diámetros de 5 mm y un metro de longitud.

Material	Características	Aplicaciones	Aspectos positivos	Aspectos Negativos	Dificultad al ser trabajado	Disponibilidad	Precio
Varilla redonda de madera Sapelly	Madera muy apreciada por su aspecto atractivo, durabilidad y resistencia. Semidura.	Puertas, pianos, superficies de los muebles, carpintería exterior; molduras, embarcaciones...	Estabilidad dimensional. Resistencia a la putrefacción elevada.	Susceptible a ser atacada por insectos. No se trata de una madera sostenible ya que se trata de una especie vulnerable. Al actuar como guía pueden generarse grietas.	Baja. Puede serrarse, cepillarse, encolarse...	Baja. Árbol propio de África y especie a proteger.	4,5€/3u (Ø5 x 1000 mm) 1,5€/u
Varilla redonda de madera de Balsa	Madera blanda y muy ligera.	Construcción de maquetas.	Gran capacidad de aislamiento térmico y acústico.	No es muy resistente. Al actuar como guía pueden generarse grietas. Puede astillarse durante el uso. Poca disponibilidad de diámetros pequeños.	Baja. Muy fácil de trabajar; se puede trabajar con un simple cúter o sierra de mano.	Media	4,2€/2u (Ø8 x 1000 mm) 2,1 €/u
Varilla redonda de madera de Tilo	Madera muy blanda y semipesada.	Mobiliario, ebanistería, chapado y contrachapado, talla y escultura, objetos de adorno, maquetas...	Resistente al ataque de insectos. No tóxica. Buena relación peso-resistencia.	Madera muy blanda. Su duramen no es resistente a la putrefacción. Si tiene que funcionar como guía es muy probable que acabe con grietas y atascando el carro móvil.	Baja. Fácil de trabajar; blanda y ligera. Es de las maderas más apropiadas para tallar a mano. Puede serrarse, clavarse, atornillarse y secarse.	Alta. Europa, Norteamérica y Asia.	4,2€/4u (Ø5 x 1000 mm) 1,05 €/u

*Tabla 7.2.4 Investigación de materiales.*

Material	Características	Aplicaciones	Aspectos positivos	Aspectos Negativos	Dificultad al ser trabajado	Disponibilidad	Precio
Varilla redonda de madera de Nogal	Madera oscura dura y resistente.	Ebanistería y confección de maquetas.	Dura. Fuerte. Muy duradera. Muy resistente a la putrefacción. Estabilidad dimensional.	Pesada. Puede ser atacada por insectos. Al actuar como guía pueden generarse grietas.	Baja. Puede serrarse, clavarse impregnarse y encolarse. Acepta gran variedad de acabados.	Alta. Muy popular en la carpintería.	1,9 €/4u (Ø5 x 1000 mm) 0,48 €/u
Varilla redonda de madera de Haya estirada	Madera clara, semidura y medianamente nerviosa.	Encajes para mobiliario de madera, juguetería, clavijas...	Madera semidura. Nerviosa. Buena resistencia.	Para actuar como guía no es resistente al desgaste y se acaba agrietando. No se trata de una superficie completamente lisa. Se astilla al contacto.	Baja. Puede serrarse, clavarse impregnarse y encolarse.	Media. El Haya es un árbol propio de Europa. Se comercializa pero en los otros continentes no es tan común.	0,75€/u (Ø5 x 1000 mm)
Varilla redonda de madera de Haya	Madera semidura.	Encajes para mobiliario de madera, juguetería, clavijas, bricolaje...	Madera semidura. Buena resistencia.	Para actuar como guía no es resistente al desgaste y se acaba agrietando.	Baja. Puede serrarse, clavarse impregnarse y encolarse.	Media. El Haya es un árbol propio de Europa. Se comercializa pero en los otros continentes no es tan común.	0,61€/u (Ø5 x 1000 mm)
Cordón de Silicona macizo	Material muy resistente al desgaste.	Industrias médicas, farmacéuticas, alimentarias, electrónicas...	Biocompatibilidad. No tóxico. No alterable a la intemperie. Resistente a variaciones de temperatura extremas. Resistente al desgarro, estiramiento y tracción.	Extremadamente flexible y elástico. Los diámetros de los cordones pueden tener variaciones milimétricas.	Baja	Alta	1,35€/u (Ø5 x 1000 mm)

*Tabla 7.2.5 Investigación de materiales.*

Material	Características	Aplicaciones	Aspectos positivos	Aspectos Negativos	Dificultad al ser trabajado	Disponibilidad	Precio
Perfil de Nitrilo redondo	Tipo de caucho sintético.	Industria automotriz, aeronáutica, productos moldeados, calzado, adhesivos...	Excelente resistencia a los aceites. Muy buenas propiedades mecánicas.	Baja resistencia a las llamas. Coste elevado en materiales para trabajarlo.	Alta. Temperatura de trabajo mayor a 120°C.	Baja	2€/u (Ø5 x 1000 mm)
Cordón de goma Látex macizo	Caucho natural de excelente elasticidad.	Recreativas, manualidades, deportivas, juntas...	Muy buena elasticidad.	Blando. Flexible. El diámetro de los tubos puede tener variaciones milimétricas.	Media. Se puede cortar con facilidad.	Media	1,55€/u (Ø5 x 1000 mm)
Barra redonda de Polipropileno	Termoplástico con muy buena resistencia y fisiológicamente inerte.	Componentes para instalaciones industriales, piezas mecanizadas como cojinetes, poleas...	Alta resistencia a agentes químicos. Aislante eléctrico. Baja resistencia a la abrasión. Excelentes propiedades mecánicas. Se puede soldar.	Poca disponibilidad de diámetros pequeños	Media. Puede perforarse con taladro eléctrico, cortarse con sierra eléctrica, termoconformarse y termosoldarse.	Alta	1,19€/u (Ø10 x 1000 mm)
Varilla redonda de Fibra de Vidrio y Poliéster	Material con gran resistencia a tracción y bajo peso. Se trata de una mezcla entre fibra de vidrio y poliéster que mejora las propiedades de ambos.	Industria eléctrica, cableado, radiocomunicación, construcción...	Resistencia a los rayos ultravioletas. Resistencia a la corrosión. Baja conductividad térmica y eléctrica. No magnético. Ligero. Alta resistencia. Estabilidad dimensional. Bajo mantenimiento.		Media. Aceptan la mayoría de mecanizados propios del metal. Se recomienda usar discos abrasivos y brocas de tungsteno.	Media	1,4€/u (Ø5 x 2000 mm)

*Tabla 7.2.6 Investigación de materiales.*

Material	Características	Aplicaciones	Aspectos positivos	Aspectos Negativos	Dificultad al ser trabajado	Disponibilidad	Precio
Barra redonda de Teflón	Plástico para aplicaciones industriales en las que se requiere una fricción mínima.	Mecanizado de cojinetes, torneado para piezas industriales, asas para herramientas, piezas para náutica, maquetas...	Estabilidad térmica. Resistencia térmica. Antiadherencia. No envejece bajo los efectos de la luz solar. Buena solidez mecánica. Coeficiente de deslizamiento muy bajo. Absorción de agua nula.	Poca disponibilidad de diámetros pequeños. Precio elevado en comparación con otros materiales.	Media. Puede perforarse con taladro eléctrico y brocas para plástico o metal. Puede cortarse con sierra eléctrica y hojas para plástico o metal.	Media	12,61€/u (Ø10 x 1000 mm)
Varilla redonda de Metacrilato transparente	Termoplástico muy transparente, rígido, bastante resistente y fácil de moldear con calor.	Escenografía y escultura, perfiles para iluminación, manualidades, maquetismo, joyería, orfebrería...	Transparencia. Alta resistencia al impacto. Resistente a la intemperie y a los rayos ultravioleta. Excelente aislante térmico y acústico. Facilidad de mecanización y moldeo.	No resiste a determinados productos químicos. Es de fácil combustión y no se apaga al ser retirado del fuego. Se raya con facilidad, se debe tener en cuenta ya que va a actuar como guía y ser sometida a roce constante.	Baja. Éste material tiene una muy buena respuesta mecánica y se puede trabajar con las mismas herramientas con las que se trabaja el metal y la madera.	Media	2,11€/u (Ø5 x 1000 mm)
Barra redonda de Nylon	Termoplástico semicristalino que posee buenas propiedades mecánicas, eléctricas, térmicas y químicas así como alta resistencia al impacto.	Engranajes, bujes, cojinetes, rodillos, sinfines, piñones, retenes, insertos...	Buena resistencia a agentes químicos. Fácil mecanización. Estabilidad térmica. Gran resistencia mecánica. Alto poder amortiguador.	Pueden deformarse.	Media. Se debe dejar el material expuesto a temperatura ambiente antes de mecanizarlo. Se deben usar sierras especiales para plástico y a velocidades lentas. Es muy importante la sujeción del material al cortarlo para que no se deforme.	Media.	0,61€/u (Ø5 x 1000 mm)

*Tabla 7.2.7 Investigación de materiales.*



Material	Características	Aplicaciones	Aspectos positivos	Aspectos Negativos	Dificultad al ser trabajado	Disponibilidad	Precio
Varilla redonda de Fibra de Carbono	Combinación de fibras de carbono y resinas epóxicas.	Reforzar la estructura de maquetas arquitectónicas.	Ligereza. No se doblan. Estabilidad.	Material relativamente caro.	Media – Alta. Las barras de carbono tienden a astillarse cuando se cortan y se precisa de herramientas especiales. Para poder taladrarse se debe tratar primero el material porque tiende a deshilacharse.	Baja	8,9€/u (Ø5 x 2000 mm)
Barra redonda de Latón	Aleación no magnética de cobre y zinc.	Construcción de bastidores, fabricación de accesorios y piezas para máquinas, construcción...	Estabilidad mecánica.	Se oxida y puede dificultar el deslizamiento del carro móvil. Aumenta el peso del microscopio.	Baja. Se puede fresar, taladrar, serrar y soldar.	Alta	4,5€/u (Ø5 x 1000 mm)
Barra redonda de Aluminio	Metal no ferromagnético.	Construcción de modelos arquitectónicos.	No se oxida. Estabilidad mecánica. Reciclable.		Baja. Se puede serrar con una sierra doméstica, fresar y perforar.	Alta	2,6€/u (Ø5 x 1000 mm)
Alambre de acero elástico enderezado	Acero de alta flexibilidad.	Muelles, resortes, ballestas, chasis de coches...	Extremadamente duro.		Media. Se puede requerir cizalla de palanca para espesores pequeños y para espesores superiores solo es útil la sierra para metales o el cortador para pernos.	Alta	1,85€/u (Ø4,5 x 1000 mm)

*Tabla 7.2.8 Investigación de materiales.*

Material	Características	Aplicaciones	Aspectos positivos	Aspectos Negativos	Dificultad al ser trabajado	Disponibilidad	Precio
Barra redonda de PVC rígido opaca de color	Material plástico rígido de alta resistencia mecánica.	Cuerpos de bombas y válvulas, juntas, tuberías, piezas en contacto con ácidos, tapones de tanques...	Superficie muy lisa. Alta resistencia mecánica y al impacto. Gran resistencia a los ácidos y bases. Resistencia a las condiciones climáticas.	Los diámetros que se han encontrado son o muy pequeños o de un diámetro demasiado grande para el microscopio.	Baja. Se pueden mecanizar fácilmente en el torno y cortar manualmente con una hoja de sierra fina.	Media	1,7€/u (Ø10 x 1000 mm)
Barra redonda de ASA, blanca	Termopolímero amorfo con excepcional resistencia a la intemperie.	Techos de viviendas, cubiertas de equipo de transporte, maquinaria al aire libre...	Excepcional resistencia a la intemperie. Gran dureza y rigidez. Buena estabilidad química y resistencia térmica.	Atacado por ácidos concentrados, hidrocarburos... Generación de humo tóxico cuando se quema.	Baja. Se puede mecanizar fácilmente mediante torneado, fresado, taladrado y corte con sierra.	Baja	3,1€/u (Ø5 x 1000 mm)
Tiras redondas de Poliestireno blancas	Termoplástico con muy buena transparencia y brillo de gran rigidez y fragilidad.	Piezas de electrodomésticos, mamparas de baño, lámparas y plafones, acristalamientos, displays, enmarcación...	Ligereza. Dureza. Baja resistencia al impacto.	Frágil a temperatura ambiente. Poca disponibilidad de varillas de diámetro grueso. Precio elevado en comparación con otros materiales.	Baja. Se puede cortar por cizalla o bien con una sierra manual.	Media.	6,8€/u (Ø3,2 x 1000 mm)

*Tabla 7.2.9 Investigación de materiales.*

Para poder llegar a una conclusión sobre el material que va a ser usado en las varillas se ha procedido a hacer una selección del material por descarte, igual que en la situación anterior:

Para empezar se descarta todo el grupo de maderas (Sapelly, Balsa, Tilo, Nogal, Haya estirada y Haya) ya que al tener que actuar como guías no cumplirían su función por su baja resistencia al desgaste. Al usarse como tal la madera acabaría astillándose y formando grietas en las que es muy fácil que el carro móvil quede atascado. Además se debe tener en cuenta el factor resistencia al impacto ya que algunas de ellas son muy blandas y frágiles y no cumplirían adecuadamente su función.

También hay que tener en cuenta que con la humedad la madera tiende a hincharse y su diámetro se vería afectado complicando así el desplazamiento del carro móvil.

En segundo lugar se descartan los cordones (cordón de Silicona y cordón de goma Látex) ya que se busca una estructura rígida y se considera que dichos materiales son demasiado elásticos como para funcionar. Además, por el hecho de ser cordones pueden tener variaciones milimétricas a lo largo de su diámetro y no debería ser así si se pretende que por el pase una pieza con un agujero un diámetro determinado.

También se descarta el perfil de Nitrilo y la varilla redonda de Fibra de Carbono por la dificultad al ser trabajados y su baja disponibilidad en las comunidades más aisladas. En vista de que se trata de un microscopio Low Cost, se descartan también los materiales excesivamente caros en comparación con el resto, estos son el Teflón y la varilla de Fibra de Carbono.

Se ha aproximado que las guías deben tener un diámetro aproximado entre cuatro y seis milímetros para su correcto funcionamiento así que los materiales que no dispongan de varillas comprendidas en ese rango serán descartados. Siguiendo dicha premisa la barra de Polipropileno, la barra redonda de PVC rígido y las tiras de Poliestireno quedan descartadas.

Se debe tener en cuenta que la fricción va a ser un factor importante en el funcionamiento de las guías así que se debe descartar los materiales como el Latón ya que se oxida y puede dificultar el funcionamiento. Por un motivo similar también se descarta el material usado en el microscopio hasta el momento, la varilla redonda de Metacrilato transparente. El metacrilato al ser un material que se raya con facilidad no se puede usar como guía ya que con la fricción se forman grietas que acaban atascando el carro móvil.

Para terminar, se descarta la barra redonda de ASA y la varilla de fibra de vidrio y poliéster por su baja disponibilidad en las comunidades aisladas.

Una vez realizado este descarte quedan los siguientes materiales, los cuales podrían ser aptos y usados en el microscopio: barra redonda de Aluminio, alambre de Acero elástico enderezado y barra redonda de Nylon.

Por aspectos de funcionamiento, el material más práctico es el Nylon ya que su coeficiente de fricción es menor, permite un mejor deslizamiento, no se desgasta y tiene muy buena resistencia mecánica y al impacto. El Nylon se puede deformar pero al tratar con longitudes cortas no se corre tanto riesgo de deformación. Tiene un precio muy económica y una vida útil considerablemente larga.

En caso de no encontrar Nylon, se propone substituir la barra de Nylon por barras redondas de Aluminio o barras de alambre de Acero. No se han escogido por el hecho de que al deslizar la pieza de plástico por la barra de metal con el uso puede llegar a chirriar aunque el desgaste es mínimo. De este modo se proponen tres materiales, todos con mucho potencial para AI Scope.

## 8. Proceso de rediseño

Tal y como se ha explicado en la propuesta pre-conceptual, la primera fase del rediseño empieza por el diseño de los sistemas para que puedan desempeñar correctamente su función.

Se tratará por separado cada subsistema y después se integraran en el diseño general.

### 8.1 Sistema para sujetar el móvil

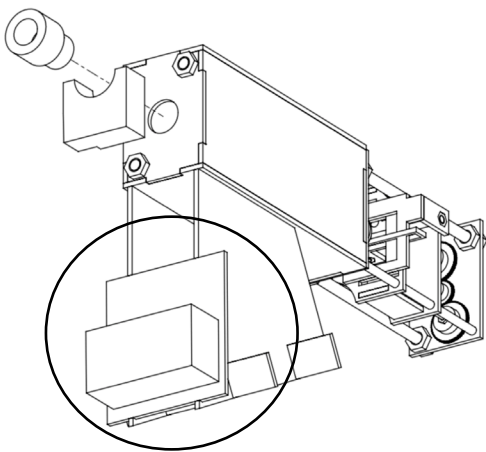


Figura 8.1 Sistema para sujeción del móvil actual

Como ya se ha visto en el análisis de la patente, el sistema actual para sujetar el móvil es muy simple; consta de un bloque de espuma stratocell pegado con cinta velcro en una superficie plana encajada entre las dos patas que conforman la base. Para poder regular la altura y adaptar los distintos tipos de móviles a la lente se debe despegar y pegar la base a la placa y esto hace que el sistema sea muy impreciso.

Además, el móvil no queda bien sujeto y como no hay ningún elemento que le haga de límite tiende a caerse y a ser poco estable.

Por consiguiente, los objetivos de este rediseño serán principalmente sujetar bien la base del móvil e implementar un sistema para que se pueda regular la altura a la que se coloca bajo las premisas de que sea económico y sea apto para la mayoría de móviles que hay en el mercado.

Para poder partir con una idea en el rediseño, se han buscado algunos elementos de sujeción para móviles para obtener un poco de inspiración. Las imágenes adjuntas son las que, juntamente con el sistema actual, definen el principio de la idea que será desarrollada en este apartado.

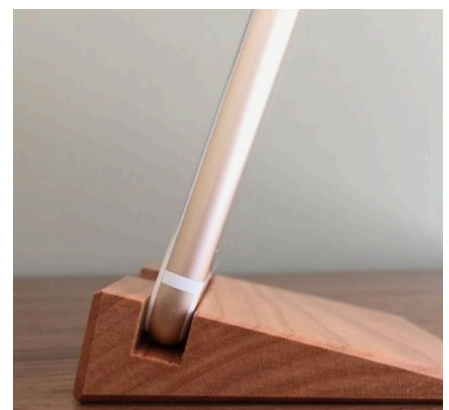
Como podemos ver, consisten en ranuras en las que el móvil cabe a la perfección y que con su geometría simple sujetan el móvil para que este se mantenga en una determinada posición.



A.



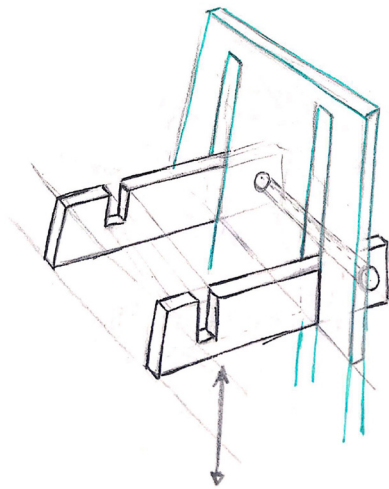
B.



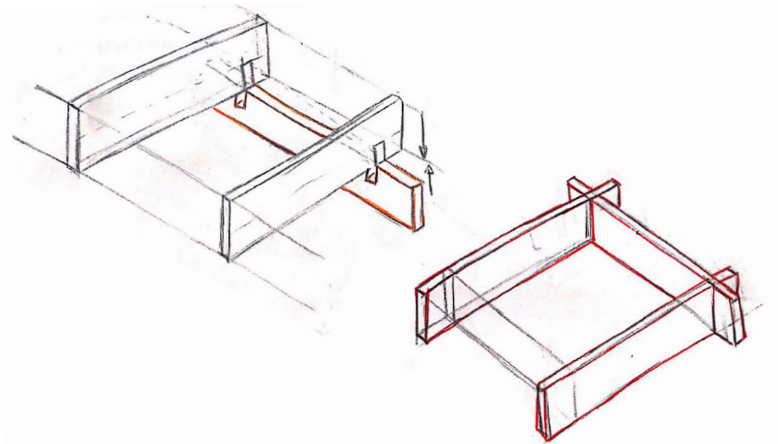
C.

Figura 8.2 Ejemplos de sistemas simples para sujetar el móvil

De estas fotografías surge la idea de prescindir de la espuma Stratocell y el velcro e implementar un sistema de guías en el que los elementos para sujetar el móvil sean dos brazos con la siguiente geometría:



*Figura 8.3 Sujeción del móvil.*  
*Croquis 1*



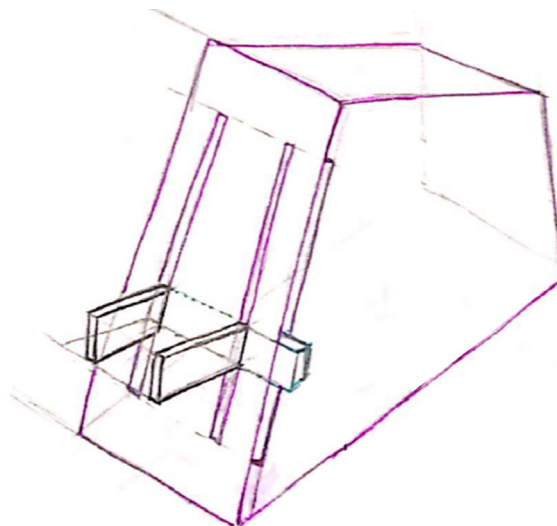
*Figura 8.4 Sujeción del móvil.*  
*Croquis 2*

Los brazos se mueven arriba y abajo por las guías, que son paralelas al plano inclinado de la base, en la que se encuentra pegada una placa que soporta el mecanismo.

Para sujetar estos brazos se ha ideado un mecanismo de encaje, tal y como se muestra en el croquis. Este se realiza encajando los brazos por la parte de arriba con el propósito de que cuando se suba el móvil no se desenganchen las piezas y el sistema de fuerzas quede equilibrado.

Una vez pensado el sistema de brazos, es necesario pensar en el sistema que lo va a sujetar y va a regular la altura para que el móvil se adapte a la lente. La solución más obvia es realizar las guías en la pieza que antes contenía la superficie de velcro e inventar un sistema para que los brazos se puedan deslizar a la perfección con ellas.

En un principio se ha pensado alargar la placa de unión de detrás de los brazos y dejar una ranura en una de las patas de la base para que ese alargamiento sobresalga y se pueda controlar el desplazamiento. El problema es que de este modo el sistema sigue sin poder regularse y se llega a la conclusión de que la pieza de unión entre los brazos debe ser alargada a partes iguales en los dos lados ya que si se pretende subir el móvil este lo va a hacer desequilibradamente ya que la fuerza efectuada en un lado no es la misma en el otro extremo por momento creado por el peso del móvil.



*Figura 8.5 Sujeción del móvil.*  
*Croquis 3*

En el siguiente croquis (4) ya surge una idea para poder regular la altura que consiste en hacer muescas en la pared de las guías. Estas muescas son cuadradas y su tamaño coincide con el tamaño del hueco que tiene la pieza que sujeta los brazos. De este modo se suben los brazos por las guías y cuando el móvil se encuentra en la altura adecuada se pone un trozo de metacrilato en el hueco que ambas piezas tienen en común, logrando así que el sistema se sujete.

Los problemas de esta solución es que el trozo de metacrilato que ofrece la resistencia es frágil y como no está integrado en el sistema es muy fácil que se pierda.

Para solucionar este sistema llega la siguiente solución (5):

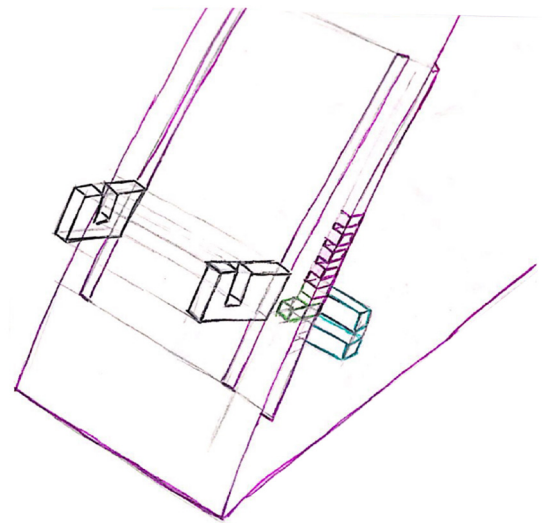


Figura 8.6 Sujeción del móvil.  
Croquis 4

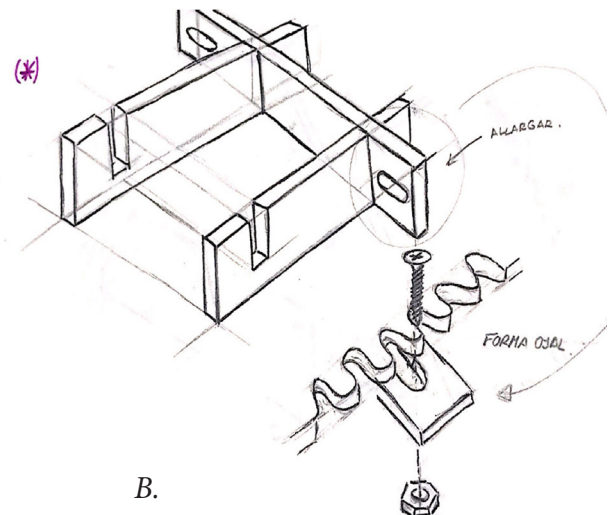
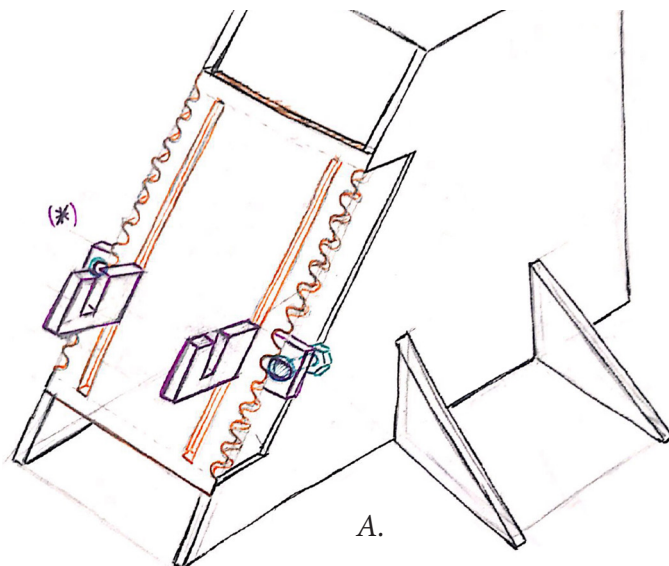


Figura 8.7 Sujeción del móvil.  
Croquis 5

Para empezar, la pieza de unión de los brazos se alarga por ambos lados y se perfora en los extremos con una forma de ojal tal y como se muestra en el croquis.

Las muescas pasan de ser cuadradas a tener una forma más evolutiva y coinciden con el hueco que tiene en la pieza de unión de modo que cuando se superponen se sigue conservando la forma de ojal. En la pieza de unión, en el mismo agujero del ojal, hay un tornillo con su correspondiente tuerca que substituye el elemento de metacrilato que anteriormente hacía tope, así la pieza no se pierde y es más resistente. La razón por la que se han hecho las muescas con una forma evolutiva es para que el tornillo entre con más facilidad y no se quede atascado en esquinas rectas.

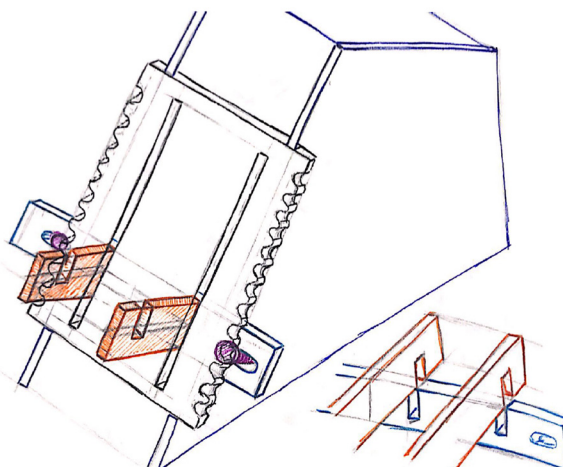
Su funcionamiento se basa en, una vez colocado el móvil en los brazos de metacrilato, mover con las dos manos los dos tornillos hacia fuera y subir el aparato hasta la altura deseada. Al llegar a dicha altura se comprueba que coincide el ojal de la pieza de unión con las muescas y se deslizan los tornillos hacia dentro, bloqueando el movimiento.

En temas de fabricación resulta un método apto ya que las muescas pueden ser cortadas con corte láser y en caso de no disponer de ello se pueden hacer con un berbiquí. Lo más importante para su funcionamiento es que las muescas en ambos lados coincidan y sean paralelas.

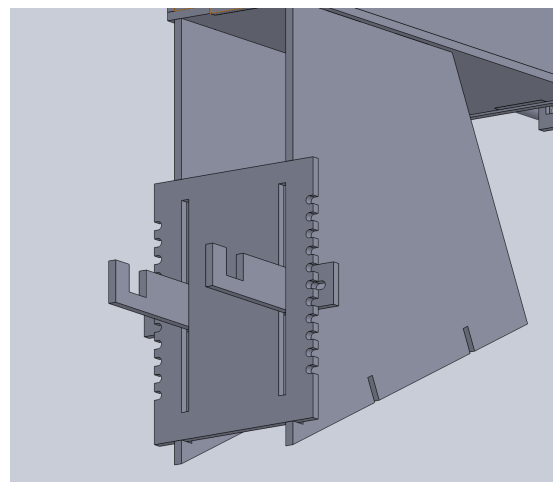


Aunque se ha logrado un gran avance este sistema sigue presentando problemas; se ha hecho un espacio en las patas de la base para que al cerrar el movimiento puedan caber los tornillos sin rozar con la pared pero no se ha tenido en cuenta que de este modo, la pieza de unión con las guías no queda bien sujeta y cae para abajo.

Para solucionarlo se ha alargado la pieza de sujeción de los brazos y también la pieza de las guías. De este modo los tornillos al bloquear el movimiento no chocan con las patas de la base. La base tiene la geometría exacta para que pueda encajar la pieza para las guías y la pieza unión. Así queda bien sujeta la pieza unión y los brazos se pueden desplazar siempre perpendiculares a la pieza de las guías.



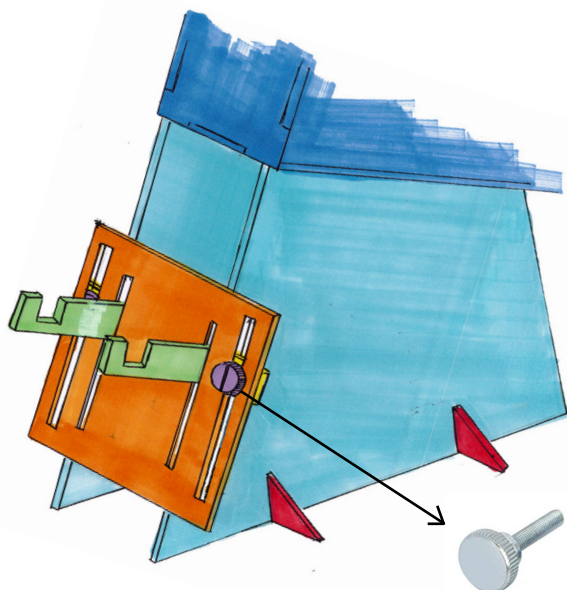
*Figura 8.8 Sujeción del móvil.*  
*Croquis 6*



*Figura 8.9 Sujeción del móvil.*  
*Primer modelado*

Una vez modelado y montado el diseño se ha podido ver que funciona y que no es difícil de fabricar pero no resulta lo suficiente preciso como para que el teléfono encaje a la perfección con la lente ocular.

Para lograr dicha precisión se ha optado por el siguiente diseño (32). En este desaparece el sistema de muescas y se substituye por otras guías en las que corre un tornillo lo suficiente grande y se puede regular manualmente. De este modo el móvil siempre quedará ajustado a la altura deseada.



*Figura 8.10 Sujeción del móvil.*  
*Croquis 7*

El siguiente sistema, a diferencia del anterior, es más difícil de regular para conseguir el enfoque adecuado pero resulta mucho más preciso. Para determinar qué sistema usar se ha optado por preguntar al equipo sobre como suele ser el uso del microscopio.

Cuando se usa el microscopio y se le coloca el teléfono móvil se acostumbra a tener el microscopio montado un largo período de tiempo y a usar siempre el mismo móvil. Por lo tanto es mucho más importante que sea preciso en el momento de usarlo que fácil y rápido de ajustar.

Para concluir, se ha optado por la última propuesta ya que es preferible que se tarde más tiempo al enfocar pero que sea preciso.

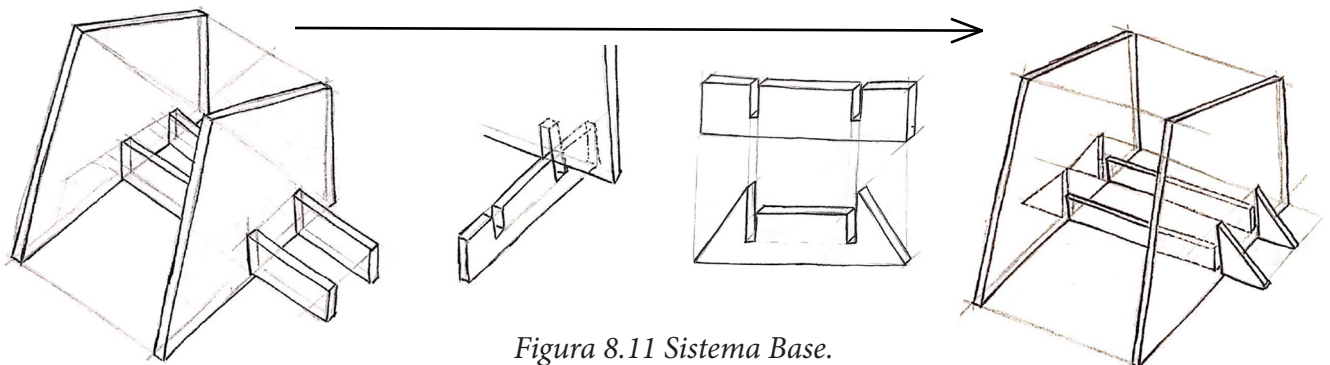
## 8.2 Sistema Base

La base debe cambiar teniendo en cuenta que debe aportar más estabilidad al microscopio. Para lograrlo, una buena solución es usar formas piramidales aunque por los requisitos del proyecto no se puede hacer una base piramidal ya que dificulta la construcción, especialmente en el encaje del cuerpo.

Como no se puede hacer se ha optado por la forma más sencilla, mantener las patas que sujetan la estructura, ya que servirán también para esconder algunos componentes electrónicos, y cambiar las patas inferiores que consisten en dos ranuras y dos simples rectángulos.

El sistema inicial solo tenía ranuras en la pieza grande pero los rectángulos pequeños no, cosa que dificultaba su colocación. En el nuevo modelo se ha hecho una ranura que encaje en cada una de las piezas para solucionar el problema anterior y darle más estabilidad.

En el siguiente croquis se presenta la solución a la que se ha llegado que consiste en lo siguiente.



*Figura 8.11 Sistema Base.  
Croquis evolución*

Como se puede ver, se ha cambiado la geometría de las patas para dar más estabilidad y se ha dado más superficie de contacto para que la estructura quede más sujeta.

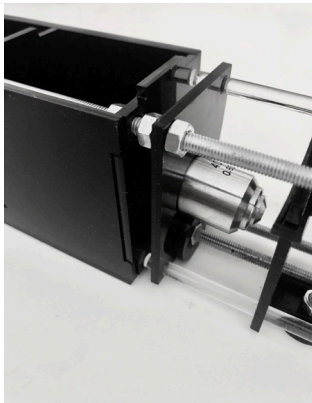


### **8.3 Sistema para la sujeción de las lentes**

#### **Lente Objetivo**

Uno de los principales problemas del prototipo anterior es que la lente objetivo no queda bien sujeta. Como es esencial que quede perfectamente concéntrica a la lente ocular se debe buscar un método de fijación.

En el primer prototipo (figura 8.12) dado para ver el funcionamiento, la métrica de las varillas de la estructura es de métrica 5 y las tuercas no sujetan bien la plataforma. En el siguiente prototipo (figura 8.13) que se ha podido construir la métrica de la estructura se ha cambiado a M8 y debido a su gran tamaño sí se ha sujetado bien la lente pero la estructura ha quedado más basta, más pesada y se ha incrementado el precio al usar una métrica más cara.



*Figura 8.12 Sujeción de la lente objetivo.  
Fotografía del prototipo a rediseñar 1.*



*Figura 8.13 Sujeción de la lente objetivo.  
Fotografía del prototipo a rediseñar 2.*

Para solucionar esto, se ha optado otra vez por la métrica M5 y se ha sujetado la placa que aguanta la lente con tuercas autoblocantes. Estas tuercas tienen insertado un freno de nylon que hace que no se mueva ni se afloje con las vibraciones o movimientos, por lo que resultan muy útiles como topes y retenes en toda clase de ejes.

De este modo, es cierto que resulta más complicado pasar las tuercas pero una vez montado la lente queda fija y no se mueve.



*Figura 8.14 Sujeción de la lente objetivo.  
Tuerca autoblocante.*

#### **Lente Ocular**

En el prototipo actual la lente ocular se encuentra encajada en el agujero de su respectiva pieza de metacrilato y reforzada por un bloque de espuma Stratocell. En dicho prototipo la lente ya se encuentra bien sujeta por lo que no se van a realizar cambios significativos en esta sujeción.

En un principio se había planteado quitar el bloque de espuma y avanzar la caja opaca que contiene las lentes la distancia necesaria. El coste de esta espuma es mínimo por lo que no se ha considerado esta opción ya que puede dificultar el funcionamiento del sistema para ajustar el móvil. El móvil al subir se podría atascar con el extremo de la caja y sería muy difícil de regular.

Como en la próxima iteración del prototipo es esencial que las lentes estén bien colocadas para un correcto enfoque se ha procedido a mantener el sistema anterior pero modificando su grosor.

La decisión del cambio de grosor se debe a que paralelamente también con el equipo de AI Scope, Ariadna Fernández está realizando su proyecto de fin de grado haciendo que el enfoque del prototipo sea automático y proporcionando motores al prototipo y en su funcionamiento ha podido ver que es necesario definir una distancia en la que colocar el móvil para que la cámara de éste y la lente ocular proporcionen una imagen aumentada y nítida.



*Figura 8.15 Sujeción de la lente ocular.  
Pieza de espuma.*

A base de prueba y error se ha definido este grosor y es el siguiente: 28 mm

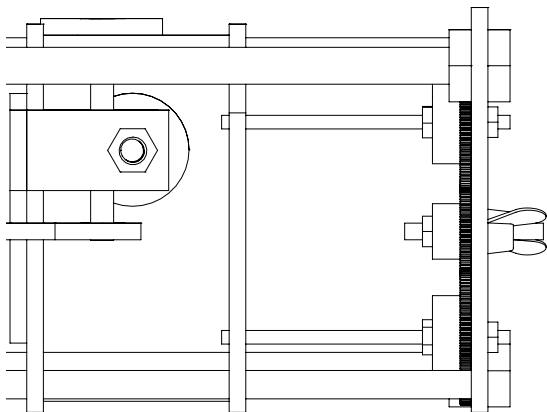
En caso de que no se disponga de un bloque de espuma Stratocell de este tamaño, éste se puede cortar o se le pueden agregar piezas. No está definido que obligatoriamente se deba usar este material ya que con cualquier material del espesor apropiado se puede hacer una réplica de la pieza perfectamente.

Como podemos ver no se trata de un cambio muy grande pero resulta muy significativo para el correcto enfoque e interpretación de la muestra.

## 8.4 Sistema de enfoque

### Enfoque en el eje Z. Sistema para subir y bajar el carro móvil.

El sistema de enfoque en el eje Z no ha cambiado notoriamente respecto al modelo anterior:



*Figura 8.16 Esquema sistema de engranajes  
prototipo anterior*

El sistema funciona gracias a tres engranajes que transmiten movimiento en el soporte inferior del microscopio. Accionar el mecanismo resulta muy simple; cuando la tuerca de mariposa gira, el engranaje central empieza a girar y hace que los dos engranajes más grandes que hay a su lado empiecen a girar consigo. Estos dos engranajes grandes transmiten el movimiento a dos ejes respectivamente y al roscar estos ejes con las dos tuercas situadas en la parte inferior del carro móvil se consigue que este suba o baje.

Al construir y probar el movimiento de dicho sistema con la parte electrónica se han podido ver varios fallos de funcionamiento que se han tenido que solucionar:

Para empezar, las tuercas se desenroscan continuamente al funcionar y se ha tenido que pegar cada rosca a su respectivo engranaje, ya que no se trata de engranajes roscados.

Entre cada engranaje y el soporte inferior debe haber un juego mínimo para que el engranaje no roce con la pared al girar y esto puede generar cierto error en la alineación de los engranajes y una transmisión incorrecta.

Hay que tener en cuenta que alrededor del mundo los engranajes por muy estandarizados que sean pueden resultar difíciles de encontrar; especialmente en las comunidades aisladas a las que va dirigido el microscopio.

Por este motivo se ha tomado la decisión de fabricar unos engranajes propios para AI Scope con una impresora 3D SLA, que es capaz de imprimir los engranajes con mucho detalle. Obviamente esta decisión genera un costo extra pero dichos engranajes serían enviados a las comunidades desde el equipo de AI Scope y no sería necesaria la búsqueda de unos en especial que pudieran ser aptos para el microscopio.

Los nuevos engranajes van a tener mas grosor para que en caso de desalinearse de los demás puedan seguir transmitiendo sin dificultad.

Al tener que construir el prototipo no se disponía de los engranajes impuestos así que finalmente se han caracterizado de opcionales en caso de que no se pueda disponer de unos engranajes con las características necesarias.

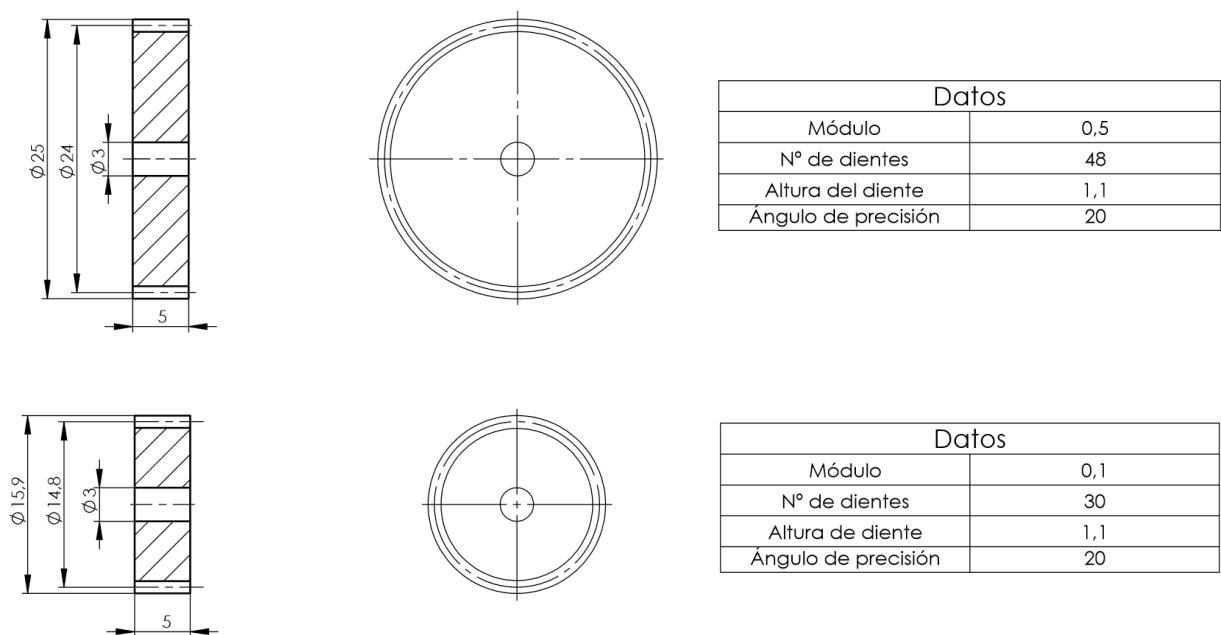


Figura 8.17 Plano de los engranajes modelados en ToolBox

Enfoque en los ejes X e Y. Sistema para desplazar la muestra y tomar las fotografías

Este mecanismo ha sido el que ha supuesto un mayor reto para el rediseño del microscopio ya que al no poseer los conocimientos necesarios de mecanismos y mecánica se ha alargado el proceso de rediseño más de lo estipulado en un principio. Por suerte, a base de una intensa búsqueda de información y de mecanismos similares y la ayuda de varios profesores se han desarrollado las diferentes propuestas que se presentan en este apartado.

Se trata del sistema que debe presentar mayor cambio ya que en el prototipo actual hay gran cantidad de piezas que son poco resistentes y se atascan en su uso.

El objetivo es minimizar las piezas superpuestas y lograr un sistema en el que la muestra se pueda mover y así realizar un barrido que permita al sistema obtener suficientes imágenes de ella para su diagnóstico.

Las piezas afectadas son las que componen el carro móvil, indicado en la siguiente imagen.

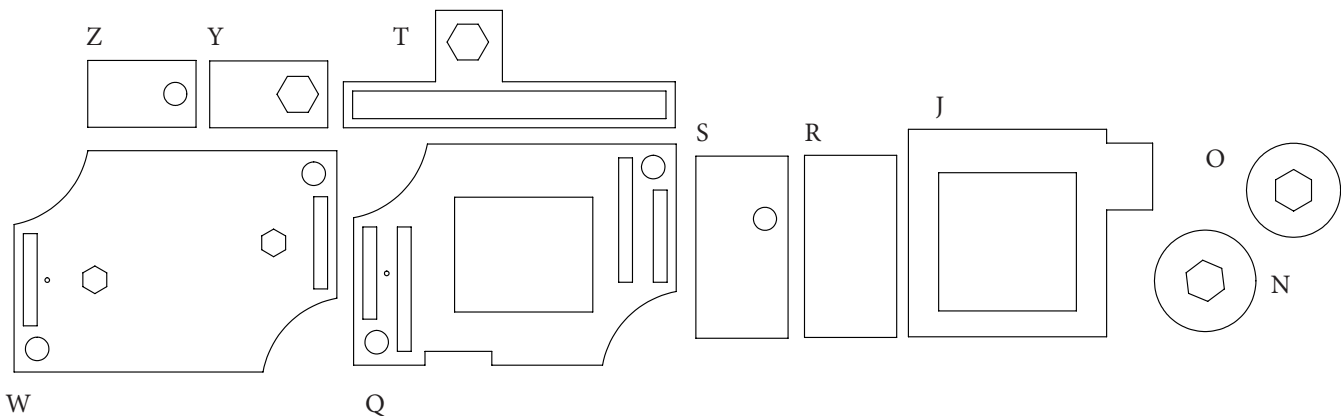
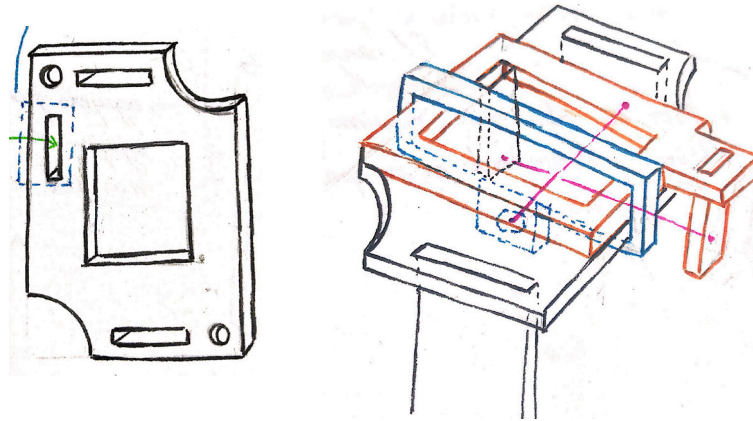


Figura 8.18 Esquema de piezas del actual carro móvil

Para empezar a enfocar el problema se han ido dibujando las piezas y haciendo pequeños cambios para mejorar la resistencia y el funcionamiento.

La gran mayoría de ellos han sido cambiando el sistema de encaje y haciendo ranuras en algunas de las piezas para lograr una mayor superficie de contacto entre pieza y pieza.

También, se ha aumentado el grosor de algunas de las piezas, especialmente la pieza T que al ser muy delgada se rompía con mucha facilidad.

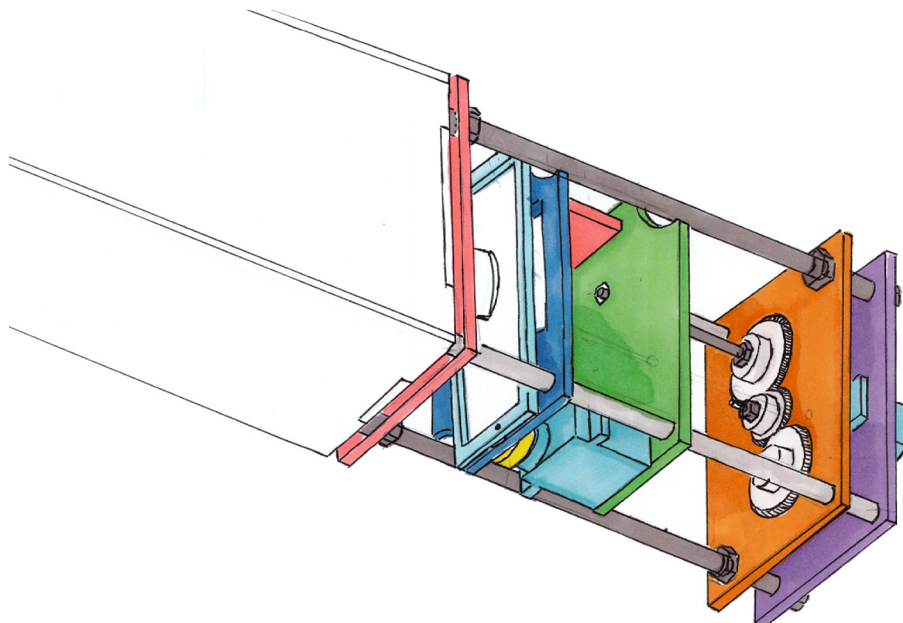


*Figura 8.19 Desplazamiento X e Y. Primeros croquis*

Una vez realizados varios cambios en las piezas se ha podido ver que aunque los cambios mejoran la resistencia de las piezas no se proporciona un cambio importante en el funcionamiento ya que siguen habiendo muchas piezas superpuestas.

Con la intención de simplificar el sistema y teniendo en cuenta que el siguiente paso a realizar va a ser implementar los motores, se ha llegado a otro sistema que aunque no es el definitivo supone un gran cambio en el planteamiento de las piezas.

El mecanismo consiste en implementar un mini servo en la placa inferior del carro móvil, que transmite el giro a una rueda. Esta actúa como manivela accionando otro eje conectado a la placa que contiene el portaobjetos y este realiza una trayectoria circular. De este modo se prescinden de los dos ejes de accionamiento y realiza una trayectoria que barre los ejes x e y con una cantidad de piezas muy inferior a la anterior.



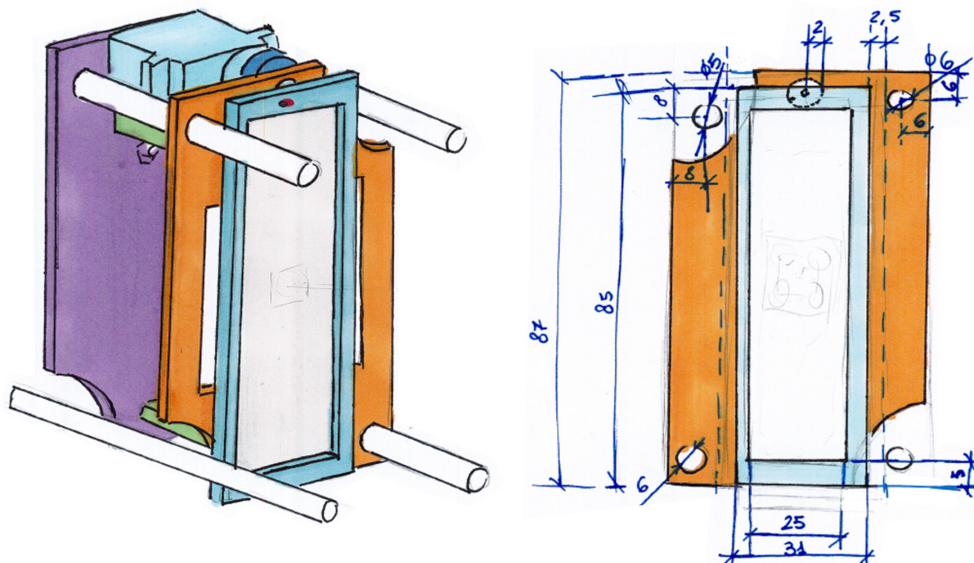
*Figura 8.20 Desplazamiento X e Y. Sistema servo-manivela 1*



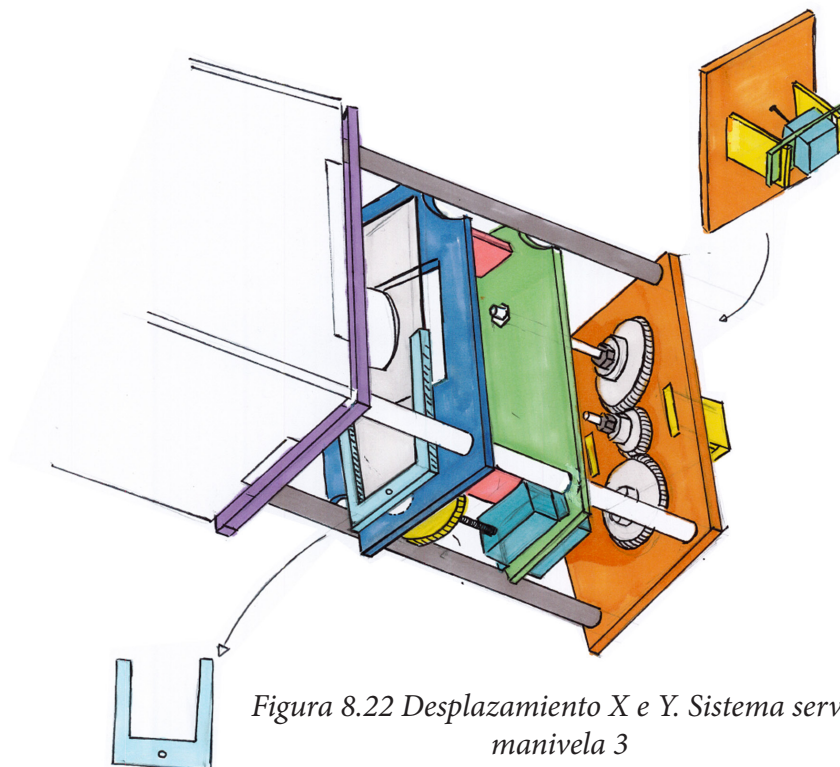
Paralelamente, al desarrollar el sistema de enfoque automático, se pudo calcular que la muestra que se poseía hasta el momento era de 4 mm<sup>2</sup> y que si se hacía la rueda-manivela con un radio de 2 mm se podían obtener suficientes imágenes de la muestra.

Para comprobar si el mecanismo funcionaba se modeló y se cortó con láser. Como no cabía todo en una plancha A3 se hizo un segundo rediseño cambiando algunas piezas tal y como se indica en la figura 8.22.

Efectivamente funcionaba aunque se obvió en todo momento que el problema principal de dicho mecanismo es que si la muestra no se encuentra bien centrada en el portaobjetos el barrido no cubre toda la muestra y no es posible realizar un diagnóstico.



*Figura 8.21 Desplazamiento X e Y. Sistema servo-manivela 2*



*Figura 8.22 Desplazamiento X e Y. Sistema servo-manivela 3*

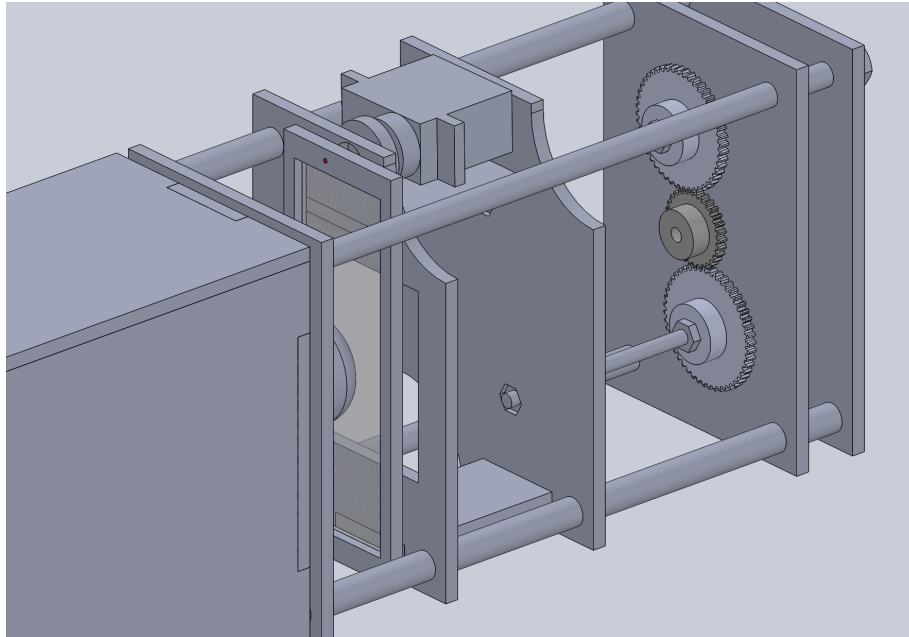


Figura 8.23 Desplazamiento X e Y. Modelado sistema servo-manivela

Una vez modelado se presentó al equipo y se descubrió que las muestras de malaria se componen por un portaobjetos con dos muestras y con este mecanismo no se podría hacer un barrido completo ya que a lo largo del portaobjetos pueden haber distintos parásitos así que se descartó la propuesta.

Al descartarla se optó por realizar una búsqueda extensa sobre mecanismos que pudieran funcionar y se optó por pedir ayuda a personas más especializadas en el tema.

En la búsqueda de información se encontró un mecanismo que en su momento parecía que sería el más idóneo inspirado en el funcionamiento de un "plotclock".

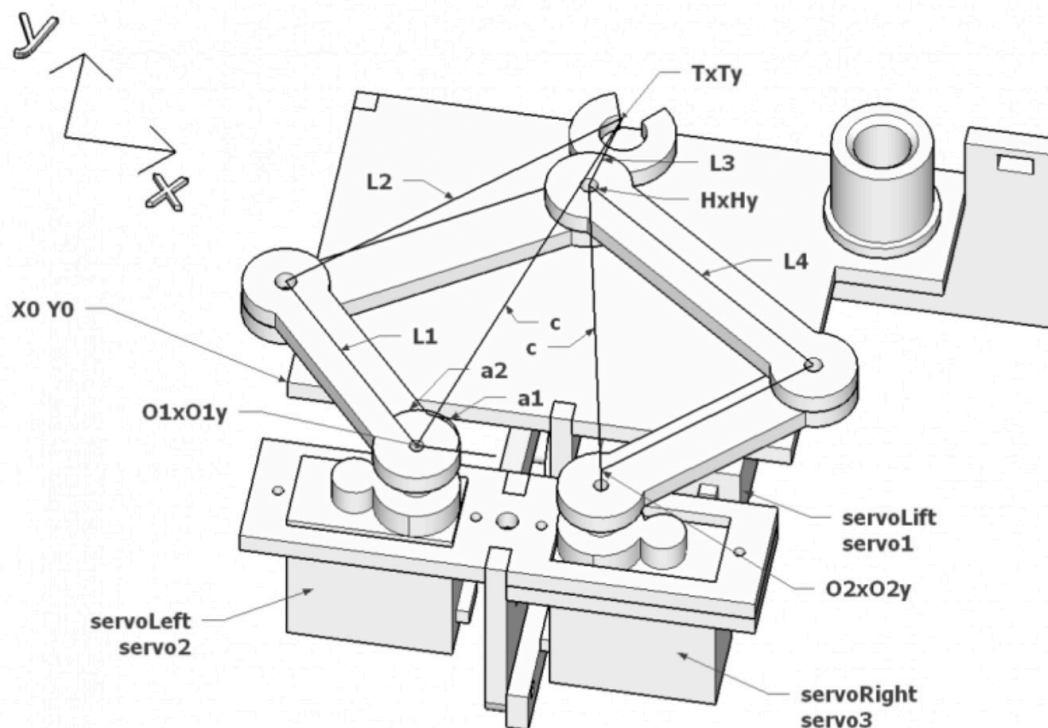
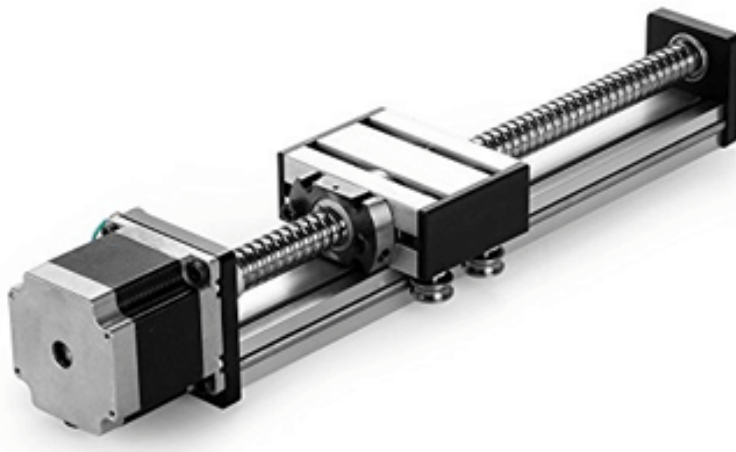


Figura 8.24 Desplazamiento X e Y. Mecanismo de un plotclock

El funcionamiento consiste en la utilización de dos mini-servos en el que el eje de cada servo va conectado a una manivela y estas manivelas a una biela respectivamente. Las bielas van conectadas a la pieza central y hacen que esta se mueva y le dan una libertad de movimientos y trayectorias muy extensa.

El problema principal de este sistema es la falta de un sistema que delimite este movimiento y no se atasque con las barras que conforman la estructura. Hay excesivos grados de libertad y no hay un movimiento claro del portaobjetos.

Dejando de lado la idea de usar un sistema de manivelas se ha procedido a buscar sistemas de guías para tener un claro movimiento en el eje x y en el eje y. Para poder proporcionarlo ha surgido la idea de usar un sistema de plataformas con tornillos sin fin.

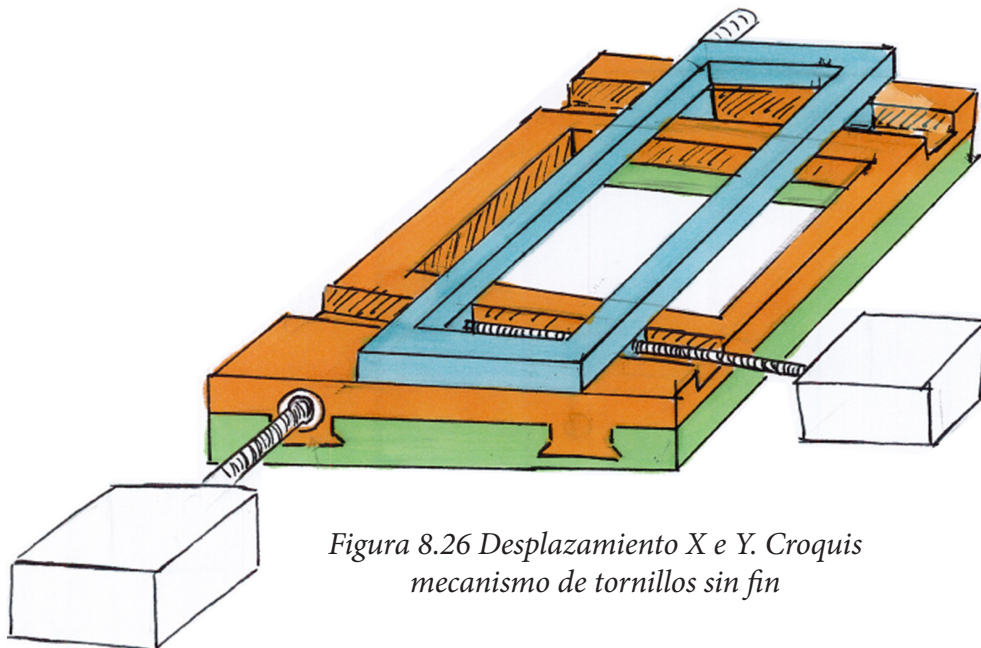


*Figura 8.25 Desplazamiento X e Y.  
Mecanismo de tornillos sin fin*

El problema de los tornillos sin fin es que encontrar mecanismos de tornillos sin fin tan pequeños eleva el coste considerablemente.

Para poder realizar el sistema de tornillos sin fin se puede hacer imprimiendo tres plataformas impresas en 3D que encajan con unas guías similares a la cola de milano. La plataforma inferior es fija y se encuentra estática en la estructura. La pieza intermedia desliza encima de esta y también actúa como estructura para sujetar y hacer de guía a la última pieza que es la que contiene el portaobjetos con la muestra.

Al no tener tornillos sin fin, se implementan dos insertos roscados en cada guía y se le hace pasar un trozo de varilla roscada cada una conectada a un motor.



*Figura 8.26 Desplazamiento X e Y. Croquis  
mecanismo de tornillos sin fin*



El problema de este sistema es que las piezas impresas en 3D a parte de encarecer el prototipo, no son completamente lisas y es muy difícil que puedan actuar de guías sin que el rozamiento sea demasiado elevado y dificulte el movimiento. El segundo problema importante es que para que funcione los motores deben colocarse perpendiculares a los ejes y en el mismo plano (a no ser que se pretenda usar engranajes o sistemas de transmisión por abrazamiento en el plano inferior) y la pieza acaba resultando excesivamente grande.

Siguiendo el mismo método de las plataformas y las piezas por impresión 3D surge la idea de usar sistemas de piñón-cremallera para mover las plataformas.

El sistema consiste en que la plataforma intermedia se mueva en una dirección gracias a la transmisión del piñón con la cremallera que la misma pieza posee impresa. De este modo, esta pieza debe moverse 2cm hacia cada lado. Para poder realizar este movimiento, el motor debe estar fijo sujeto a la plataforma base. Del mismo modo que en el sistema anterior, la pieza que va a llevar el portaobjetos se va a deslizar sobre la pieza intermedia un centímetro para cada lado. El motor que proporciona este movimiento, debe ir solidario a la plataforma intermedia. Las guías tienen la forma de cola de milano para encajar correctamente y que las piezas no se desenganchen en su transporte o funcionamiento.

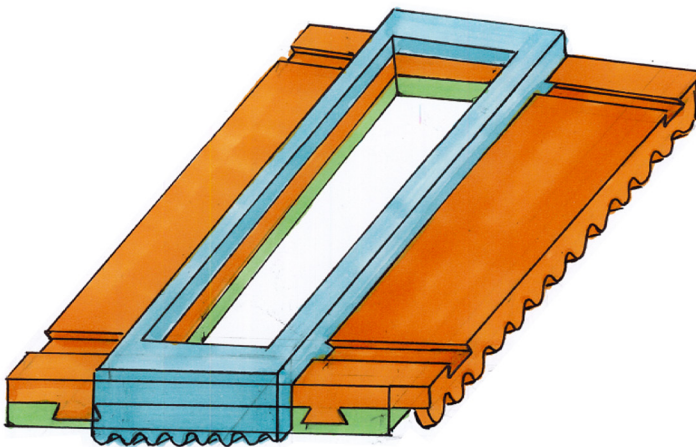


Figura 8.27 Desplazamiento X e Y. Croquis mecanismo piñón-cremallera impreso en 3D

A diferencia del sistema anterior, en este se pueden esconder los motores y se utiliza menos espacio en el plano horizontal aunque el problema del rozamiento de las piezas en 3D sigue siendo el mismo.

Lo bueno que tiene este sistema es que se puede reproducir fácilmente cortando piezas de metacrilato y superponiéndolas y pegando las cremalleras y los piñones impresos en 3D.

De hacerlo así no sería viable usar la cola de milano y las piezas no estarían bien sujetas.

Aún así se ha optado por modelar el sistema y estudiar su viabilidad ya que hasta el momento es el sistema que permite realizar mejor el barrido.

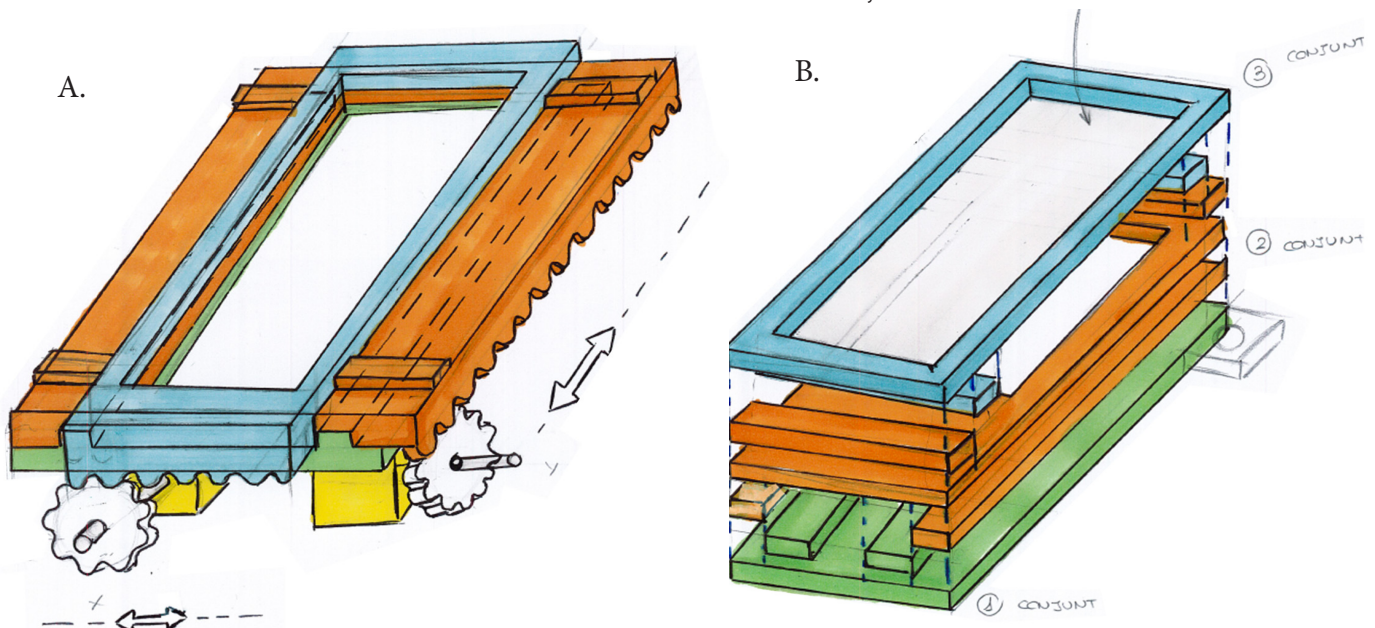


Figura 8.28 Desplazamiento X e Y. Croquis mecanismo piñón-cremallera ideado para cortes de metacrilato



Al modelar el sistema y hacer los cálculos pertinentes para el correcto funcionamiento piñón cremallera se ha visto que no se trata del sistema más viable por los siguientes motivos:

1. Se superponen una gran cantidad de piezas pegadas que hacen que la superficie nunca llegue a ser uniforme.
2. Supone una dificultad importante lograr que los motores se muevan solidariamente con las plataformas y que el sistema quepa en una superficie reducida.
3. Al tener que haber un agujero en medio del sistema el sistema de guías se ve interrumpido y al no ser una guía continua por toda la plataforma al llegar a los extremos estas se pueden desencajar.
4. Al no existir sistema de cola de milano se pueden desencajar las piezas en el transporte y en el uso.
5. El sistema de pegado de cremalleras puede no ser lo suficiente preciso y presentar irregularidades.

Al no funcionar el último sistema, ha habido un punto de inflexión para replantear de nuevo todo el sistema y regresar de algún modo a alguna de las ideas iniciales.

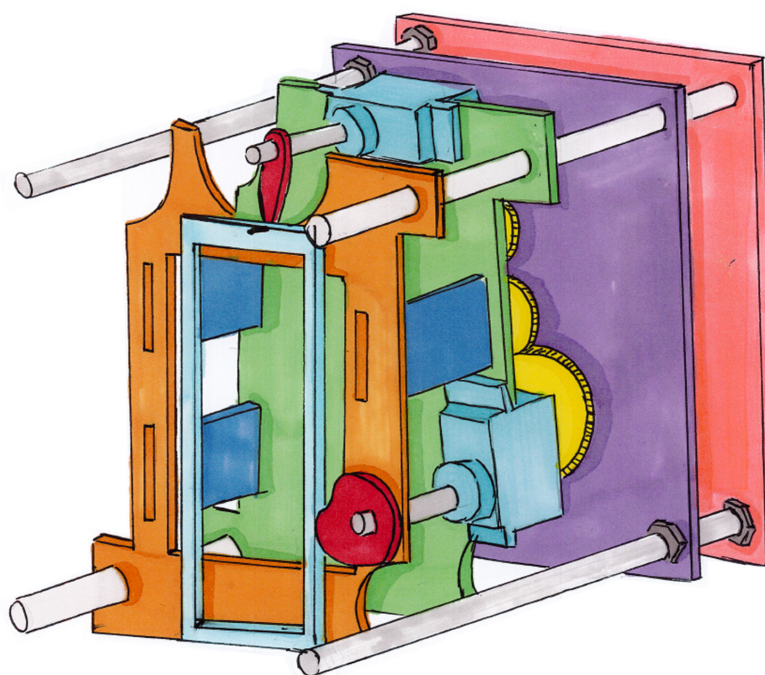
Como se ha podido ver y probar, el sistema de plataformas móviles ha resultado muy complicado y aparatoso y se debe rechazar la idea de las superposiciones.

Después de la incertidumbre que se ha creado con el último mecanismo, se ha recuperado un nuevo mecanismo que fusiona dos de las ideas iniciales; la del motor y la manivela y el sistema de plotclock.

La primera solución propuesta funcionaba, el problema es que no barría gran parte de la superficie de la muestra. Si el radio de esta manivela es mayor se barrerá mucha más muestra y la cantidad de imágenes es mayor:

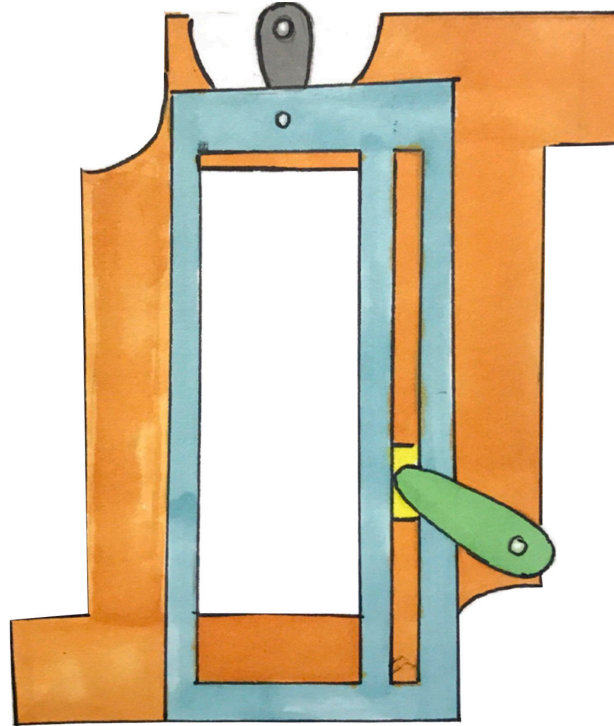
Supongamos que la manivela en vez de medir un radio de 2mm mide un radio de 1,5cm. Es verdad que la pieza soporte va a ser mucho mayor pero de este modo se logra una mayor trayectoria. Si el portaobjetos se une con la manivela mediante una articulación libre, este poseerá más libertad de movimientos y se podrá restringir la trayectoria mediante el movimiento de otro motor adjunto con una leva.

Anteriormente el sistema plotclock no era viable porque había excesivos grados de libertad pero si el segundo motor actúa únicamente como manivela con la ayuda de una leva, se logra desplazar la muestra y cambiar constantemente la posición de el portaobjetos rompiendo la trayectoria circular que crea la primera manivela y llegando a otros puntos en los que el sistema motor-manivela solo no llegaría.



*Figura 8.29 Desplazamiento X e Y. Croquis mecanismo manivela-leva*

Del mismo modo restringiendo grados de libertad, se puede lograr llegar a otro sistema en el que los dos servos giran únicamente un grado máximo de 180 grados. El sistema consiste en el usar la misma manivela anterior y en vez de usar un motor de 360 grados con una leva, se usan dos de 180 y al segundo motor se le añade una manivela conectada a una guía que se encuentra en la pieza portaobjetos. De este modo actúa de pistón y se pueden lograr más posiciones que en el método anterior:



*Figura 8.30 Desplazamiento X e Y. Croquis mecanismo manivela y manivela-pistón*

Para ver cual de los dos sistemas es el más óptimo se ha modelado un sistema base en el que aparece todo el carro móvil y el sistema motor-manivela que abastece un radio mayor.

Para comprobar si funciona uno u otro solo se debe cambiar la pieza porta objetos i la manivela del segundo motor por una leva.

Después de varias pruebas se ha decidido que se va a usar el mecanismo manivela-leva ya que el mecanismo manivela y manivela-pistón se atasca con facilidad y por cuestiones de tiempo es mucho más fácil que el primero funcione.

Ambos sistemas proporcionan una trayectoria suficiente como para barrer la imagen.

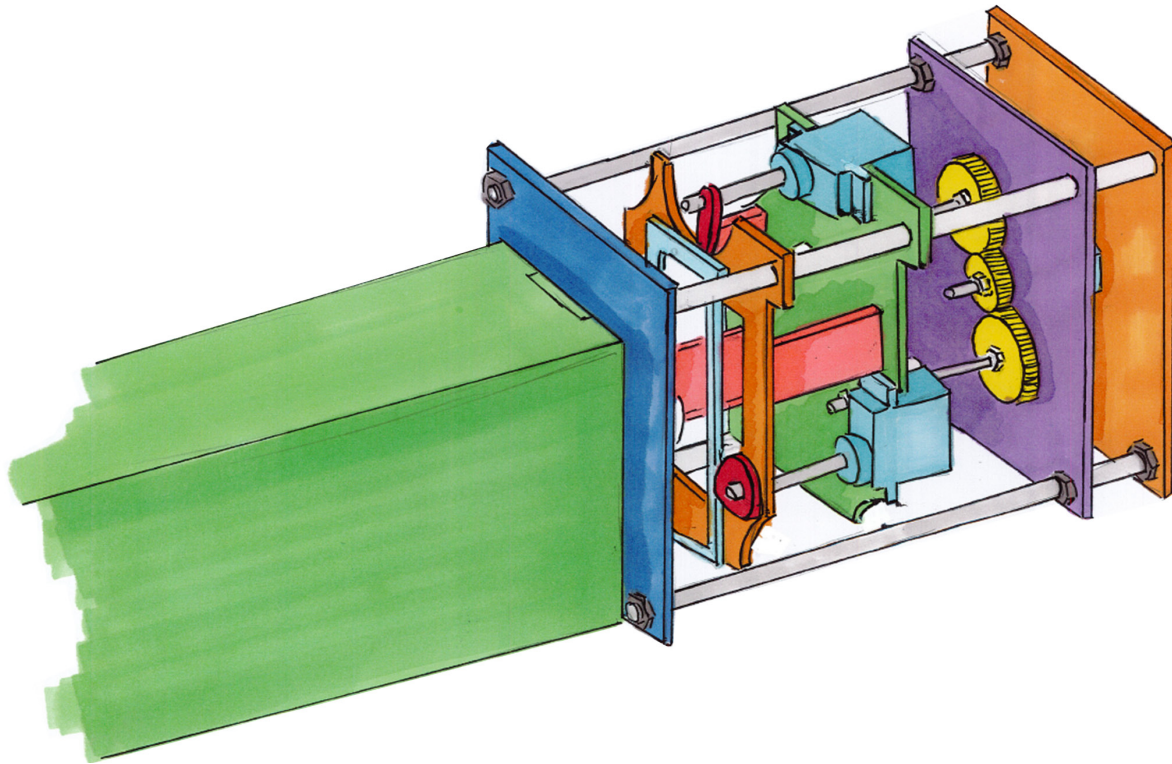
Para proporcionar dicha imagen y a su vez poder sujetar la muestra a la estructura se necesita un área considerable y se asume que la parte inferior del microscopio será considerablemente mayor que la inicial.

Realmente, que sea mayor no favorece en ningún aspecto la optimización del material ya que al ser mayores las piezas obviamente se va a usar más material. Se asume que no se puede hacer nada para mejorar el tema de uso del material ya que los componentes lo requieren y de lo contrario se compromete el funcionamiento y la automatización del microscopio.

### 8.5 Diseño general

Una vez diseñado cada sistema separado de la visión general, este apartado pretende mostrar las dificultades para la implementar cada sistema en un diseño global y tomar las decisiones necesarias para que el microscopio funcione.

En primer lugar se muestra el croquis del diseño final pensado;



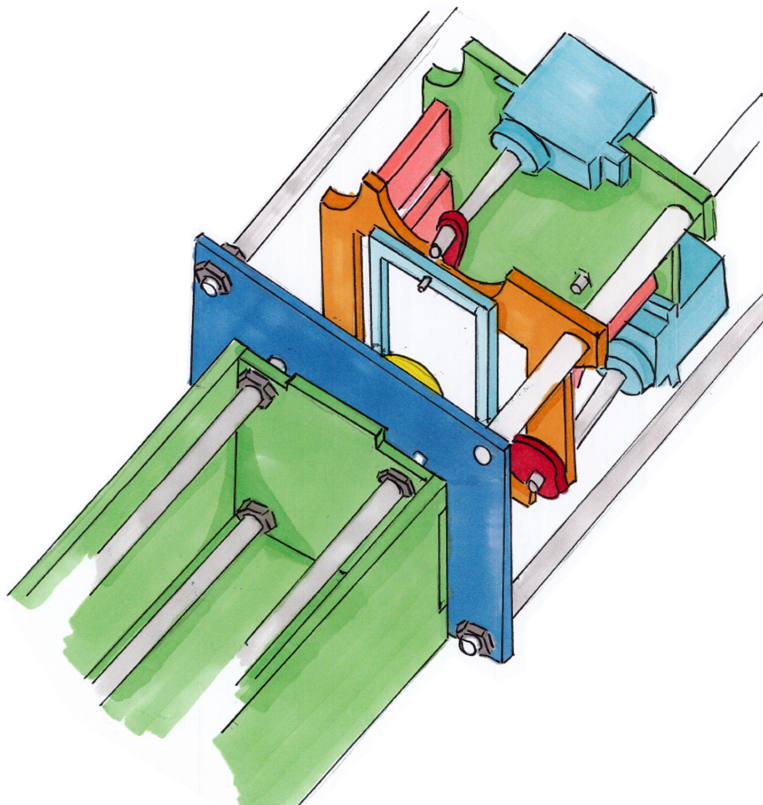
*Figura 8.31 Croquis general del diseño final.*

Una de las principales dificultades a tener en cuenta en la implementación de los sistemas es que la parte móvil se ha hecho considerablemente mayor a la caja opaca y redimensionar la caja opaca que sujeta las lentes conlleva un gasto de material bastante elevado.

Por este motivo se ha decidido mantener la caja opaca con el tamaño original y modificar la pieza para sujetar la lente objetivo para que pueda unir ambas partes; móvil y caja opaca.

Se debe tener en cuenta que lo que hacía resistente el anterior microscopio era que la parte móvil y la parte de la caja opaca mantenían un mismo esqueleto; las varillas roscadas. Con el nuevo mecanismo el esqueleto no es el mismo y no va a tener la misma estabilidad así que para unir las se ha decidido que cada parte se vea sujeta a la pieza que sostiene la lente objetivo con tuercas autoblocantes. De este modo se asegura que las tuercas no se desajusten y que quede una unión firme que no tiende a doblarse en el punto de unión.

Se puede ver la idea con más detalle en el croquis de la siguiente página:



*Figura 8.32 Croquis general de la unión de las dos partes de la estructura principal.*

Una vez tomada esta decisión se ha procedido a modelar de nuevo todos los mecanismos y modificar la pieza unión para poder tener una idea global ya con los sistemas.

Cuando ha sido modelado y se han intentado hacer los planos de corte para llevar al FABLAB se ha podido ver que es del todo imposible hacer que todas las piezas quepan en una plancha de metacrilato A3 así que se ha decidido usar un A2 para el diseño general.

Una vez cortadas las piezas se ha procedido a construir y han surgido los primeros problemas que serán comentados a continuación ya que algunas piezas necesitarán varios cambios. Los cambios se irán explicando aunque no se podrán proporcionar imágenes de la evolución de todos ellos debido a que las piezas se han ido modificando continuamente para su funcionamiento y una vez evolucionado el diseño resulta complicado mostrar dichos cambios.

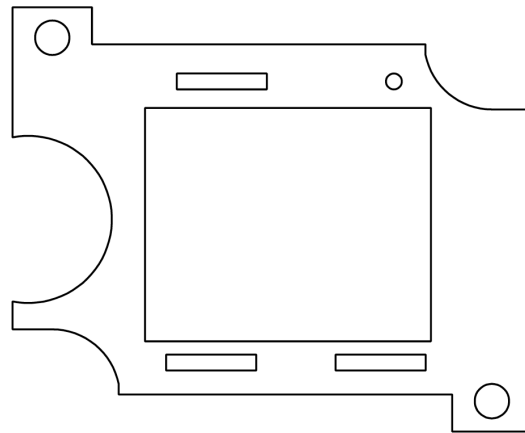
El primer cambio se ha producido en la pieza del carro móvil que sujeta el portaobjetos ya que el agujero que se había dejado para que pase la luz es demasiado grande y se encuentra muy próximo a las esquinas, cosa que hace que la pieza sea más frágil.

El segundo cambio producido en esta pieza es el cambio de diámetro del agujero por el que pasa el eje de la leva. En un principio se había modelado para un diámetro de 4mm y ha pasado a tener un diámetro de 3mm en vista de que se usará una varilla de métrica 3.

Construyendo el carro móvil se ha detectado que los agujeros en los que se colocan las patas que lo componen son muy frágiles y se rompen con facilidad, por lo que se ha tenido que ampliar dicha superficie para hacer la pieza más resistente. Como la pieza inferior del carro móvil tiene la misma morfología también se ha tenido que ampliar la superficie de contacto de esta pieza.



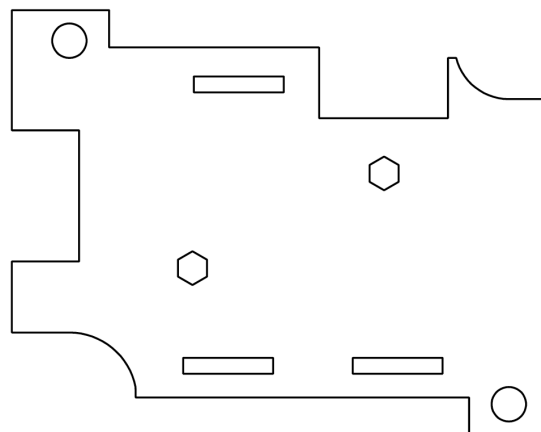
A continuación se muestra un esquema de la pieza final ya con los cambios aplicados para que se pueda tener una referencia de lo explicado:



*Figura 8.32 Pieza soporte del portaobjetos. Carro móvil.*

La pieza inferior del carro móvil también se ha visto modificada en otros aspectos. Al colocar los motores no había suficiente superficie en los puntos de unión como para que estos estuvieran bien sujetos.

Para poder sujetar correctamente estos motores se ha disminuido el diámetro de uno de los extremos de la pieza y se ha alargado ligeramente la parte superior para aguantar con más facilidad el motor manivela.



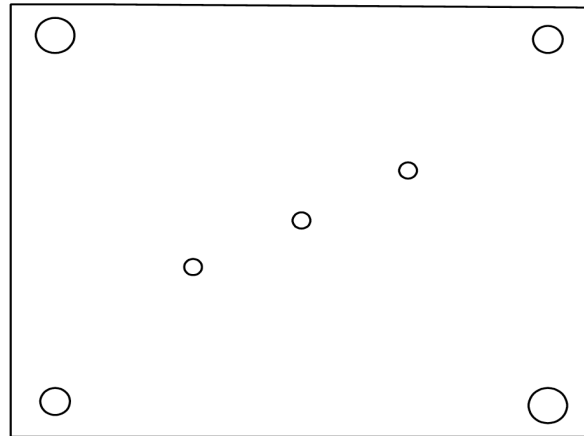
*Figura 8.33 Pieza soporte de los motores. Carro móvil*

En tercer lugar se ha encontrado que la pieza que soporta los engranajes hace que estos estén demasiado justos.

Hay que tener en cuenta que esta pieza se ha modelado teniendo como referencia la transmisión entre unos engranajes modelados en ToolBox (complemento de Solidworks) y no son exactamente iguales a los que se tienen de referencia físicamente así que al colocar en dicha pieza los engranajes de referencia quedaban demasiado justos para los agujeros dados en el modelado.

A estas alturas del trabajo se ha asumido que como todavía no se tienen disponibles los engranajes modelados impresos en 3D se va a modificar ligeramente esta pieza para que puedan caber los engranajes de referencia y al menos comprobar que el prototipo funciona y no depender de los engranajes modelados.

Se han separado ligeramente estos agujeros para que la transmisión se pueda hacer sin dificultad y por consiguiente también se han separado los agujeros para las tuercas de la parte inferior del carro móvil para que el movimiento sea recto y los ejes que unen las dos piezas no queden torcidos.



*Figura 8.34 Pieza soporte de los engranajes*

Como se ha explicado en el apartado anterior se ha decidido seguir con el mecanismo manivela-leva por el factor falta de tiempo como para analizar qué no funciona del sistema manivela-pistón.

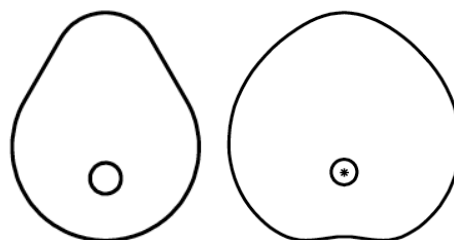
El modelado de la leva ha supuesto un gran reto ya que antes de este proyecto no se tenía ningún conocimiento sobre el funcionamiento y la función de dichas piezas. A base de buscar información se ha conseguido modelar una leva excéntrica con forma de cardioide.

Al probar dicha leva con el mecanismo se ha visto que es bastante pequeña y que no tiene sentido usar este tipo de geometría sino una más simple.

Al no tener conocimientos suficientes como para tomar una decisión se ha decidido modelar una leva mucho más simple con dos circunferencias tangentes y escalarla varias veces en el plano para disponer de distintos tamaños. La escala también se ha realizado con la primera leva con forma de cardioide para poder contar con ella en el momento de hacer pruebas.

Al cabo de varias pruebas se ha podido ver que la segunda leva es la mejor opción ya que es la única que no proporciona una trayectoria exagerada y se mantiene continuamente en contacto con la pieza que contiene el portaobjetos.

Se asume que posiblemente no se trata de la geometría más adecuada pero por el hecho de que lograr una leva con la forma adecuada sin tener conocimientos de ello sería muy complicado se ha dejado pendiente para la próxima iteración del microscopio.



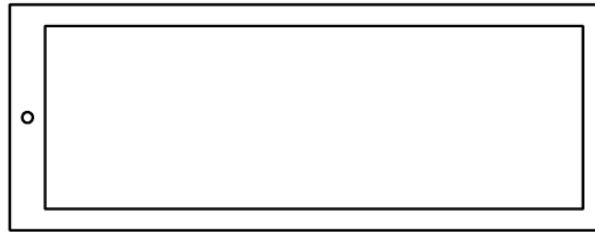
*Figura 8.35 Levass de prueba*

En relación a la pieza que contiene el portaobjetos ha sufrido los siguientes cambios.

Debido a que la tolerancia del láser es muy variable se han tenido que cortar distintas piezas con diferentes tamaños para poder lograr una pieza con las dimensiones adecuadas en las que el portaobjetos pueda mantenerse siempre paralelo a la lente y obtener una imagen nítida.

En las primeras pruebas la articulación libre asociada a la unión de esta pieza y la manivela no era suficientemente firme así que se ha modelado una segunda pieza que va debajo y proporciona un segundo apoyo a la muestra.

De este modo el contacto de esta pieza es constante con la pieza del carro móvil y se logra un movimiento correcto y una imagen nítida. Si en la construcción final se logra que dicha articulación se mantenga fija la pieza inferior no será necesaria.



*Figura 8.36 Pieza porta portaobjetos*

En la construcción se ha cometido el error de cortar las varillas de métrica 5 demasiado cortas por lo que resulta muy complicado montar el microscopio ya que se desenroscan continuamente las tuercas. Se ha podido comprobar lo fácil que es acumular errores en la fabricación y se ha estipulado que en las instrucciones se debe dar más margen y no cortarlo al tamaño del modelado, que es como se ha hecho.

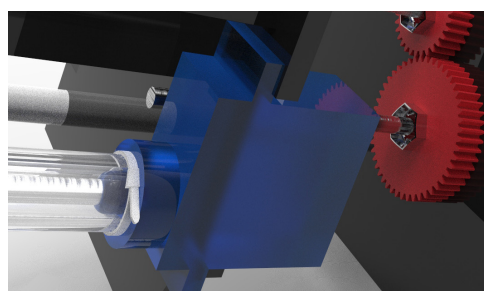
Por otra parte un tema bastante complicado ha sido el tema de la unión de los motores con los ejes del mecanismo. Se ha realizado una extensa búsqueda de información y en esta se han encontrado varios mecanismos como los que se pueden ver en las siguientes fotos



*Figura 8.37 Resultados de la búsqueda de mecanismos de unión motor - eje*

El problema de estos mecanismos es principalmente el coste si se pretende comprarlo industrialmente. Aunque son fácilmente reproducibles con el torno o una impresora 3D se pretende prescindir de dichos mecanismos ya que se necesita una pieza un poco flexible que admita la desalineación que obviamente se va a producir en la unión de los ejes y el motor:

Afortunadamente se ha logrado llegar a un método muy rudimentario que puede servir que es la utilización de un tubo de silicona hueco con bridas. Tal y como se puede ver en la siguiente foto consiste en hacer pasar el eje roscado con una tuerca en el tubo. Esta tuerca se sujeta en el diámetro del tubo y se refuerza con silicona en caso de que sea necesario. La parte inferior del tubo se encaja con el motor y se estrecha con la ayuda de una brida. Como el mecanismo realmente no tiene que mover mucho peso, el mecanismo funciona y además resulta muy económico. Se considera de cara a la próxima iteración del microscopio, buscar un mecanismo que pueda funcionar y que resulte menos rudimentario ya que el tubo algunas veces si no se encuentra bien estrecho se puede separar.



*Figura 8.38 Mecanismo actual de unión motor - eje*

Acto seguido, otro sistema que ha presentado problemas es la sujeción del móvil.

Para empezar, las roscas indicadas anteriormente en el rediseño del sistema son muy grandes por la parte del mango y difíciles de encontrar en métrica 5 (ya que es la que se considera indicada para el mecanismo) por lo que después de una extensa búsqueda por muchas ferreterías se ha decidido usar un tipo de tuercas de mariposa que ya viene soldado a una métrica 5.

De este modo se pueden seguir roscando manualmente y sujetan correctamente el sistema de brazos para mantener fijo el móvil.

Se ha podido comprobar tal y como se tenía previsto que lleva un buen rato lograr un correcto enfoque y que es posible que los brazos no queden completamente rectos. Por ese motivo se plantea hacer un marcado con láser en la pieza de las guías para que se pueda tener como referencia en todo momento como se debe colocar el sistema de brazos para que se aguante paralelo en todo momento a la lente ocular.

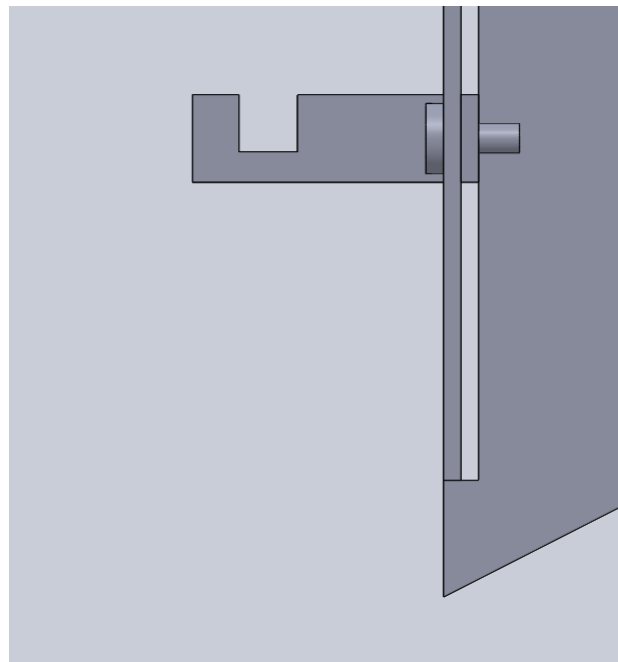
También se ha decidido que los huecos para que pase el tornillo en la pieza que sujeta los brazos sean hexagonales y se pueda pasar una rosca ya que de este modo es mucho más fácil



*Figura 8.39 Pieza sujeta brazos y tuerca de mariposa soldada*

Finalmente, se ha podido ver que la superficie de contacto entre la pieza de las guías y la base es muy pequeña por no decir nula y que aunque el sistema funcione es muy frágil y se debe modificar.

A apariencias del modelado todo se mantiene en su sitio hasta que físicamente se comprueba que no es posible, de aquí la importancia de hacer varias pruebas en la construcción.

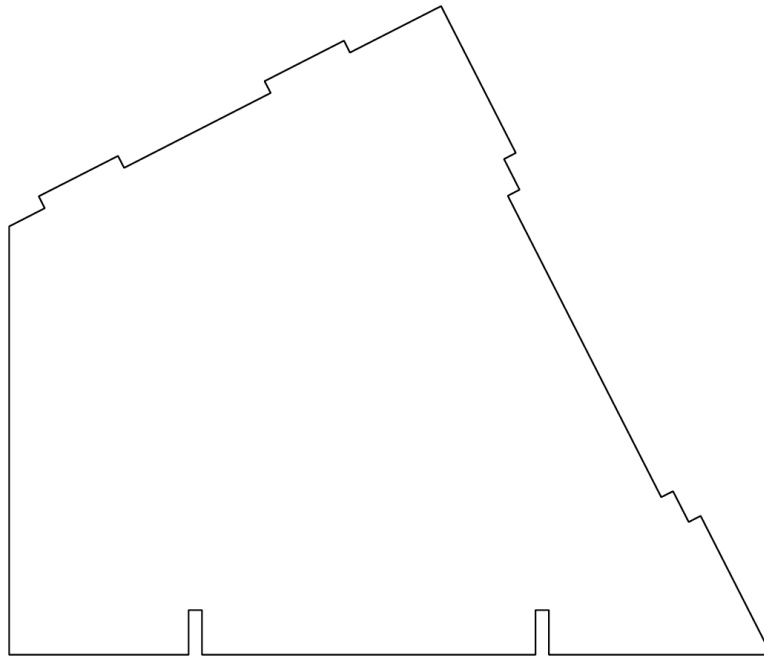


*Figura 8.40 Modelado del problema en la sujeción del sistema para el móvil*



Para poder solucionar el caso se han modificado ligeramente las patas de la base y se ha hecho un pequeño escalón de un centímetro para que la pieza de las guías se pueda apoyar en él. También se ha subido la ranura para optimizar las posiciones del móvil ya que en el modelo anterior la pieza guías quedaba muy baja y para poder adaptar la mayoría de móviles se debía subir el sistema de brazos hasta el tope.

A continuación se adjunta un esquema de las patas modificadas y con esta termina la última modificación de cara a esta iteración del microscopio.



*Figura 8.41 Pieza pata con la modificación final*

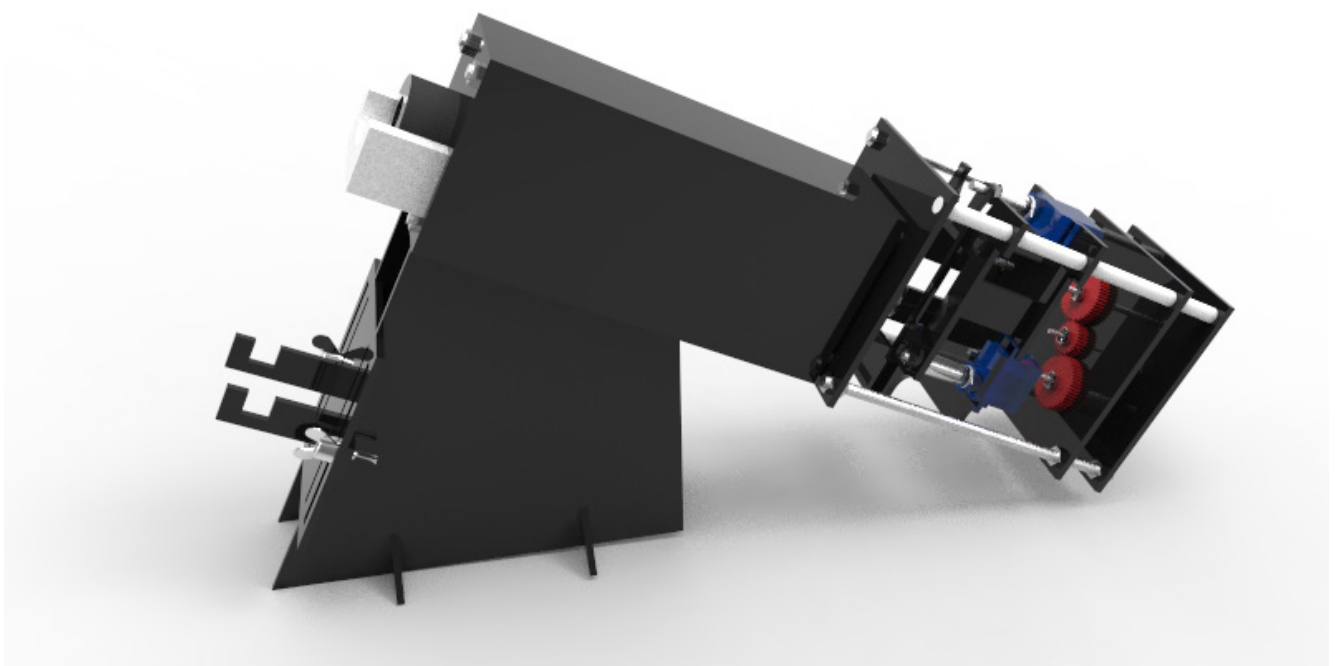
## 9. Diseño final

### 9.1 Introducción

Después de un largo proceso de rediseño, finalmente se ha llegado al diseño final que se presentará en este apartado. Se mostrará tanto el modelo renderizado como el prototipo físico que se ha usado para hacer pruebas. El siguiente prototipo es la primera iteración de AI Scope que es totalmente automática y funciona mediante motores. A causa del tiempo limitado para realizar el proyecto no se han podido implementar algunas ideas así que se propone también un apartado con futuras mejoras de cara a las nuevas iteraciones. Debido a la extensión de algunos apartados, como planos y montaje, se deberá consultar los anexos del proyecto.

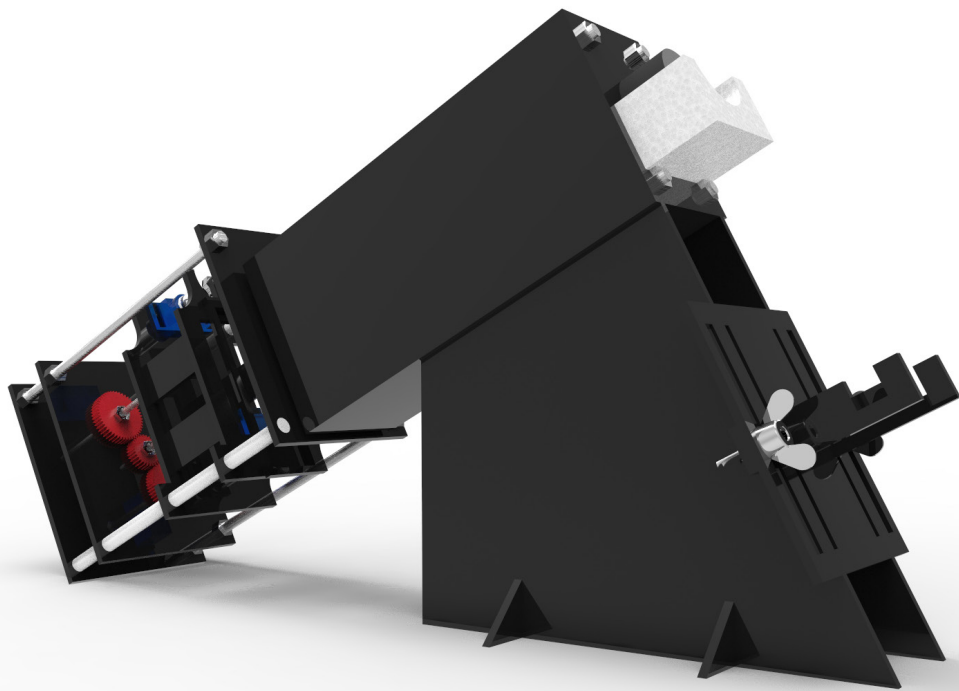
### 9.2 Diseño final mediante renderizado

A continuación se muestra en perspectiva el diseño final de AI Scope. Como podemos ver lo primero que salta a la vista es que el cuerpo móvil ha incrementado considerablemente su tamaño y lleva motores. También, se puede ver que se ha implementado un sistema que regula la posición del móvil. Situado en la base del microscopio.

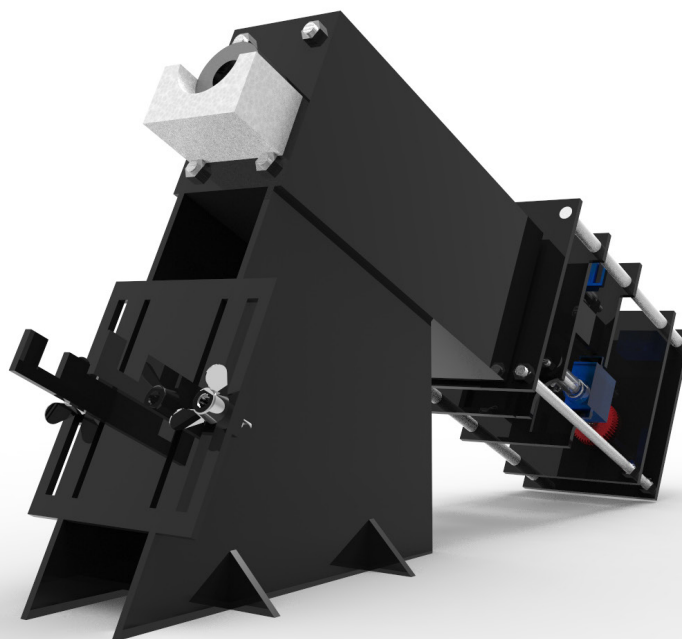


*Figura 9.1 Render en perspectiva del diseño final 1*

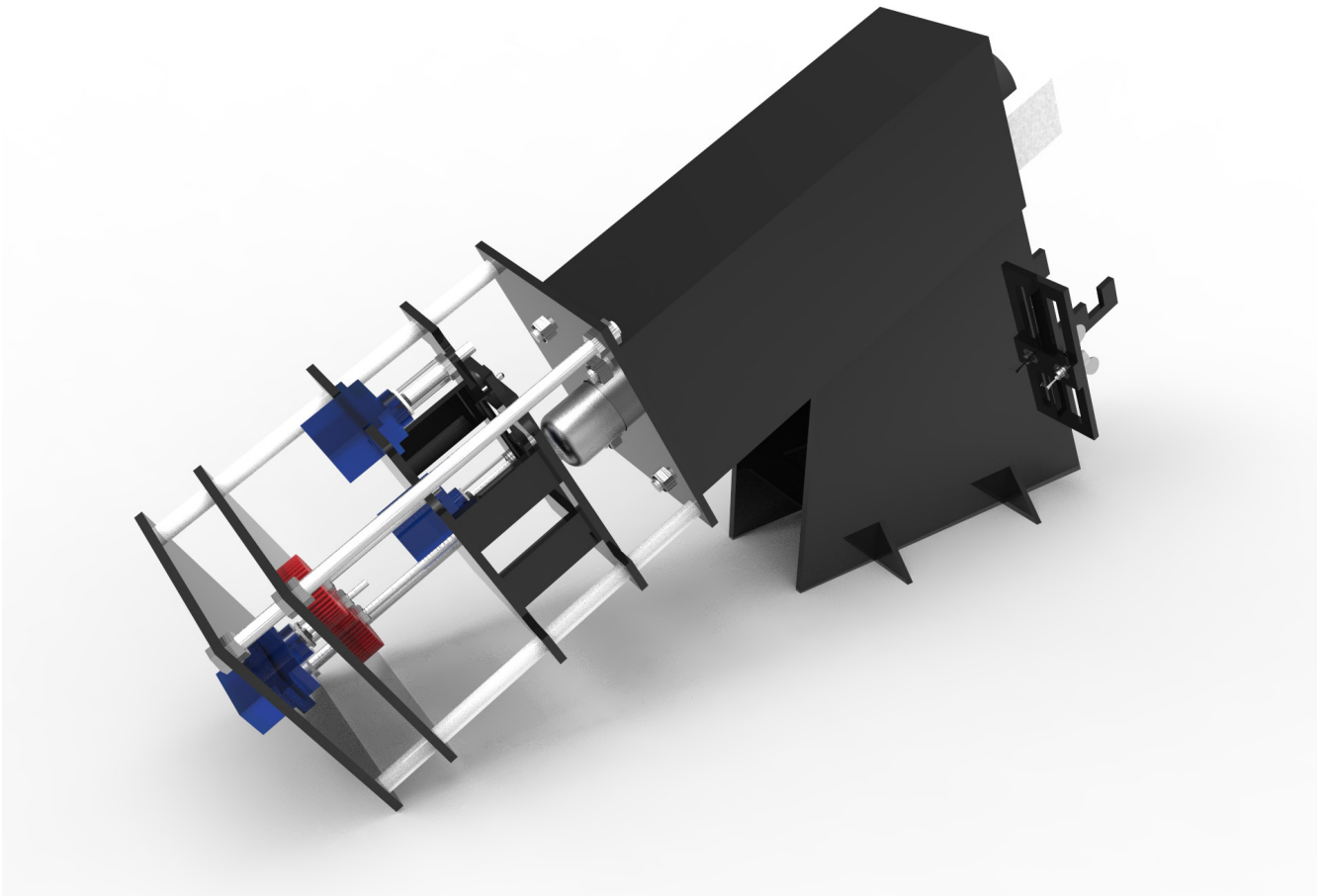
Para poder percibir mejor como se ha modificado el microscopio en las siguientes páginas se adjuntarán más renderizados en perspectiva y acto seguido se procederán a explicar los detalles del microscopio con vistas de detalle y más detenimiento.



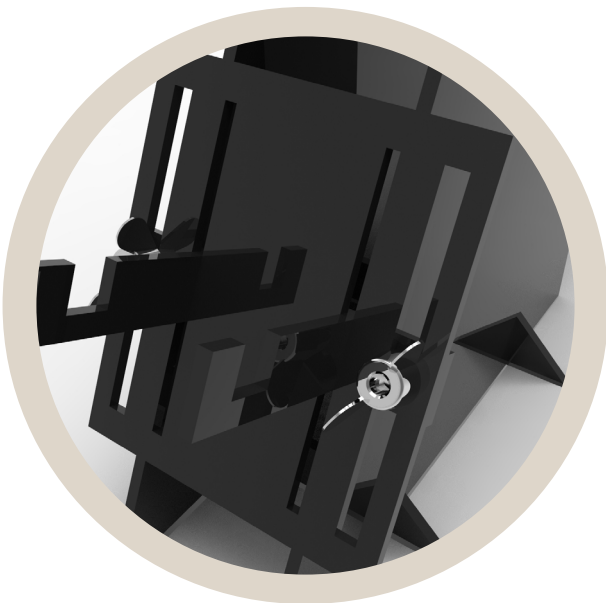
*Figura 9.2 Render en perspectiva del diseño final 2*



*Figura 9.3. Render en perspectiva del diseño final 3*



*Figura 9.4 Render en perspectiva del diseño final 4*



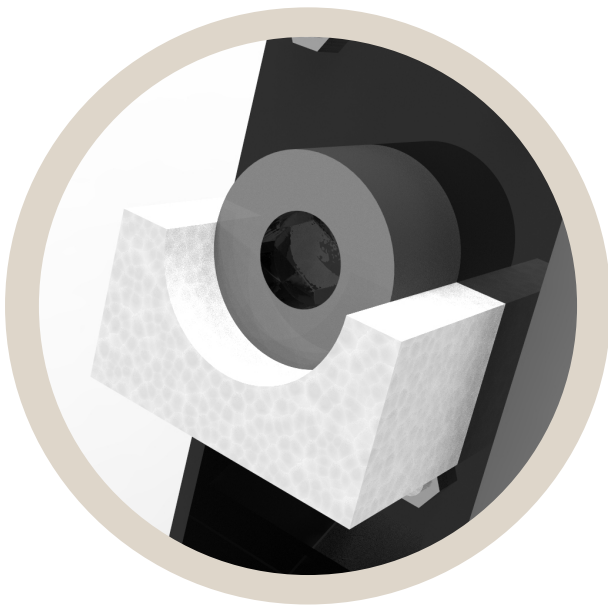
**I. Estructura para móvil regulable.** Mediante el sistema de brazos i guías se ha podido lograr un sistema que sujeta correctamente el móvil y permite ajustarlo a la medida deseada gracias a las tuercas de mariposa que se encuentran en los extremos.

*Figura 9.5 Detalle. Estructura para móvil regulable*



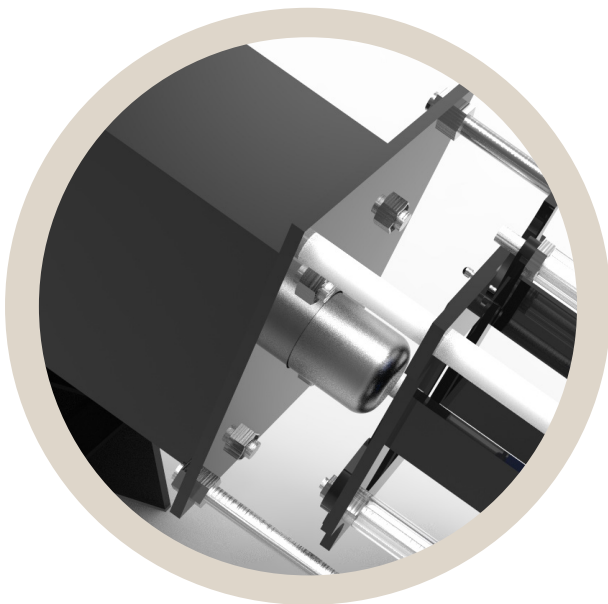
**2. Base rígida y estable.** La base no ha sufrido cambios notorios en su rediseño. Sus cambios principales se basan en la geometría, que ha evolucionado para poder admitir el sistema de brazos regulables. También se ha hecho una ranura en las patas para que encaje mejor:

*Figura 9.6 Detalle. Base rígida y estable*



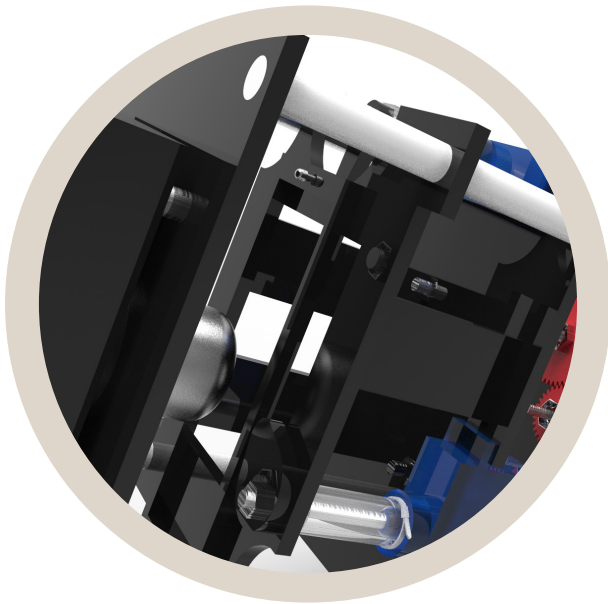
**3. Bloque de espuma para sujetar la lente ocular.** Se trata de un elemento que no ha sufrido muchos cambios, simplemente su grosor se ha visto afectado ya que a base de pruebas se ha definido un valor que determina mejor el enfoque.

*Figura 9.7 Detalle. Sujeción de la lente ocular*



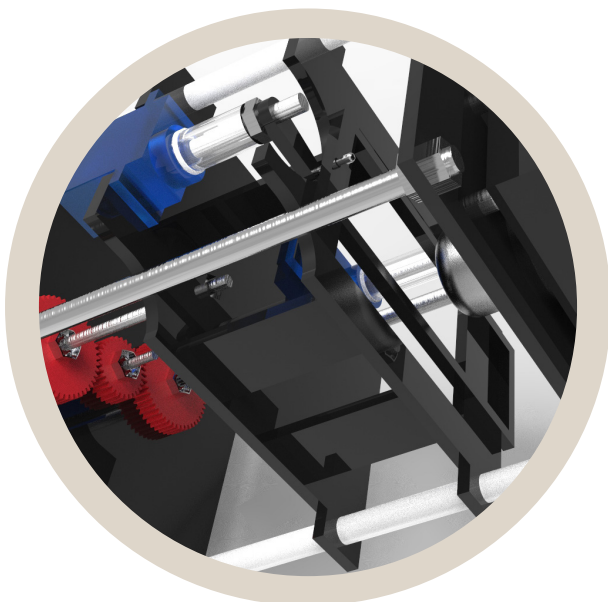
**4. Unión de cuerpos mediante tuercas autoblocantes.** Debido a la diferencia de dimensiones entre los dos cuerpos, la unión se ha hecho roscando tuercas autoblocantes en vez de tuercas normales ya que así no se corre el riesgo de que se desenrosquen.

*Figura 9.8 Detalle. Unión de cuerpos por autoblocantes*



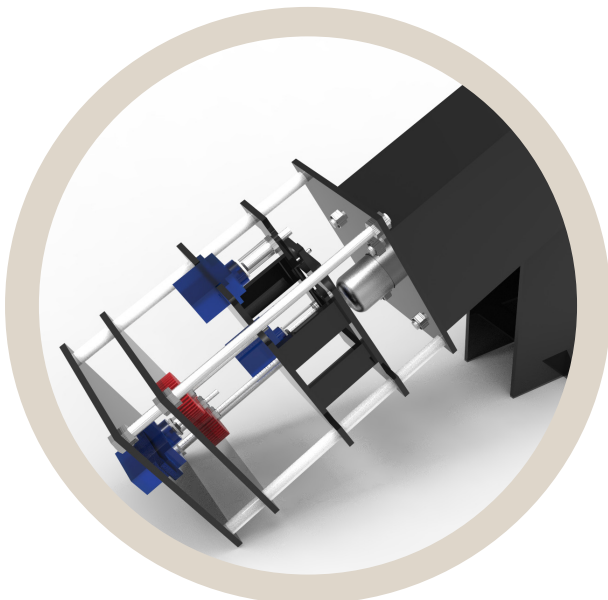
**5. Carro móvil automatizado mediante el sistema leva - manivela.** Los dos motores giran 360°. Gracias a la manivela el portaobjetos se puede mover aproximadamente 1,4 cm en todas direcciones y con la ayuda de la leva se delimita este movimiento consiguiendo posiciones que únicamente con la manivela no se lograrían.

*Figura 9.9 Detalle. Sistema manivela - leva*



**6. Carro móvil estable.** Como las piezas del carro móvil han adoptado una mayor superficie se han añadido tres patas en vez de dos. Otro elemento que le da estabilidad es que los motores se encuentran encajados y sus ejes también sostienen en cierto modo el carro.

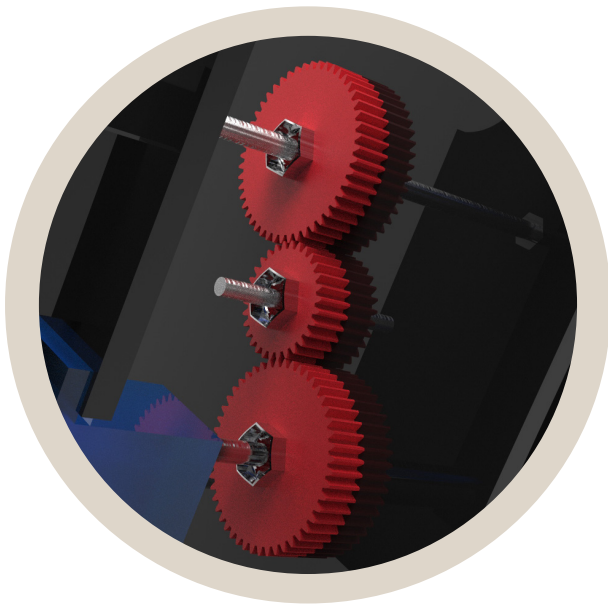
*Figura 9.10 Detalle. Carro móvil*



**7. Estructura de métrica 5 y guías de Nylon.** Se ha substituido la métrica 8 del modelo anterior por métrica 5 y las guías por las que corre el carro han cambiado de material. El Nylon a diferencia de las varillas de metacrilato no se ralla y no genera brechas. Además es más económico.

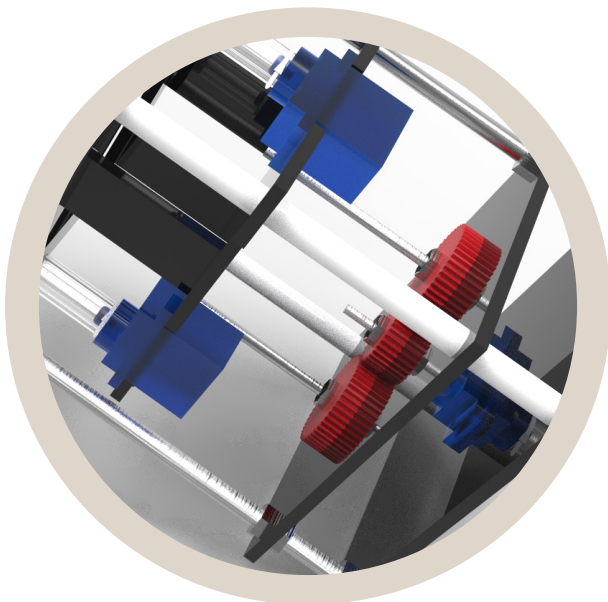
*Figura 9.11 Detalle. Estructura y guías*





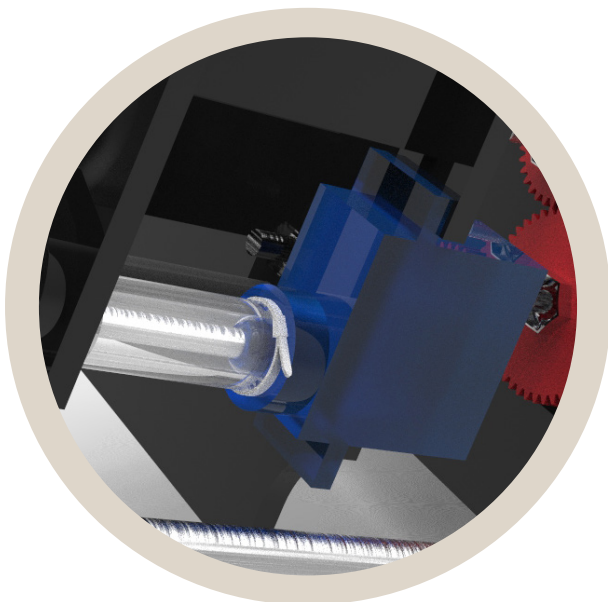
**8. Sistema de transmisión mejorado.** Se han substituído las tuercas normales por tuercas autoblocantes y se han pegado los engranajes a ellas con Loctite. En caso de no encontrar los engranajes correspondientes se puede pedir a AI Scope los engranajes impresos en 3D, con mayor grosor para disminuir el error de desalineación.

*Figura 9.12 Detalle. Sistema de transmisión*



**9. Sujeción de los motores a la estructura.** La pieza inferior del carro móvil tiene dos huecos dedicados a la colocación de los dos servomotores para la manivela y la leva. Del mismo modo se ha añadido una pieza extra a la estructura para sujetar el servomotor que acciona la transmisión. Como se va a construir a mano y es muy fácil que los ejes no queden bien alineados se ha dejado cierto juego. Se pegan con adhesivo por la superficie de las “alas” de los servomotores.

*Figura 9.13 Detalle. Sujeción de los servomotores*



**10. Unión de los motores con los ejes.** Para poder unir los motores con los ejes de giro se ha hecho mediante un tubo de silicona hueco y una brida. En el eje se coloca una tuerca y en este eje se coloca el tubo que queda fijado a la tuerca. Para que el sistema se adapte al motor se estrecha lo máximo posible el extremo con una brida.

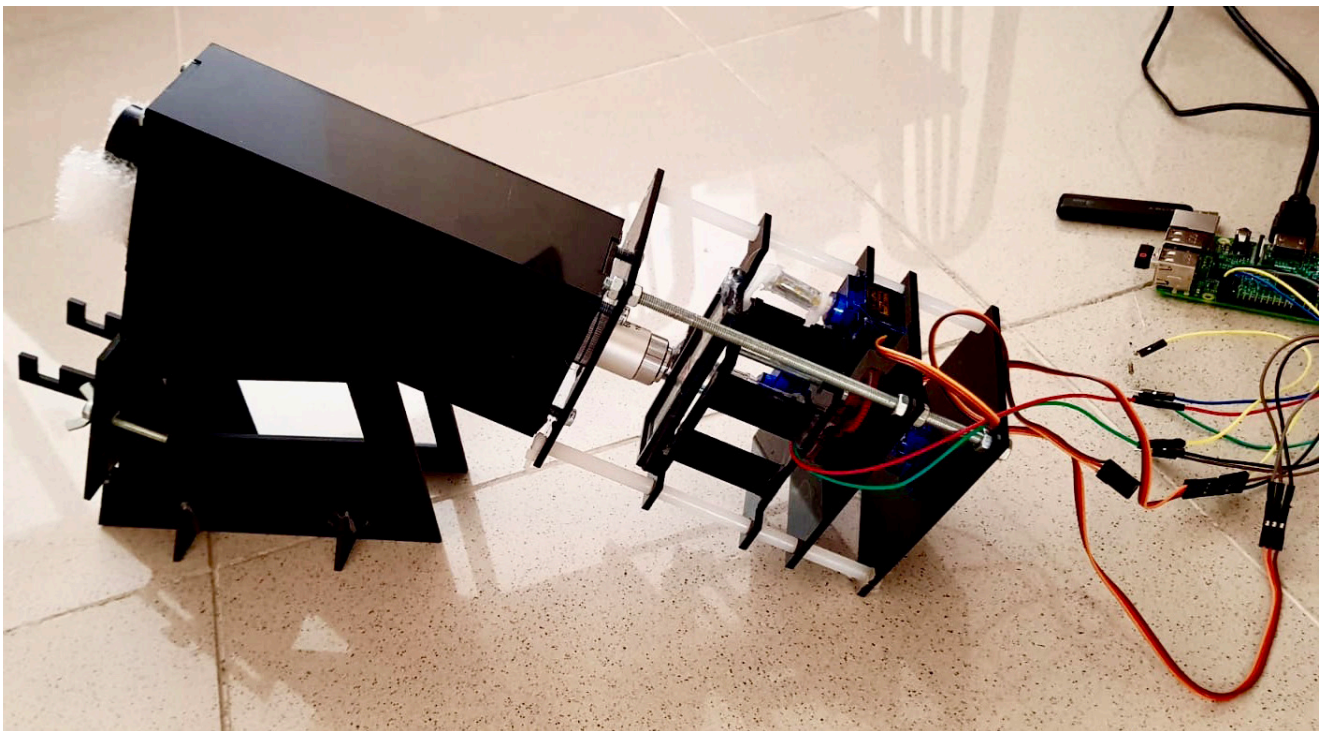
*Figura 9.14 Detalle. Unión de los motores con los ejes*

### 9.3 Prototipo físico y montaje

En este apartado se procede a mostrar el prototipo físico que se ha logrado montar para comprobar su funcionamiento. Se ha construido con la ayuda de las herramientas y las máquinas del FABLAB de Terrassa.

Su tiempo de montaje se ha incrementado considerablemente ya que hay mayor número de elementos y para su correcto funcionamiento es necesario una mayor precisión. Además el hecho de usar tuercas autoblocantes hace que sea un proceso más lento ya que son mucho más laboriosas de roscar.

Para obtener más detalles sobre el montaje y todas las herramientas y materiales que se necesitan se ha hecho un **anexo** que se encuentra en el final de este proyecto.



*Figura 9.15 Fotografía del prototipo físico*

En esta fotografía se pueden ver muchos cables y al fondo a la izquierda la placa raspberry phi. Los cables deben ir sujetos a la estructura y esta placa, sujeta entre las patas de la base del microscopio.



## 9.4 Precio de la iteración y budget

Esta nueva versión del microscopio tiene un precio superior en comparación con la anterior versión dada. Hay que tener en cuenta que se ha usado mayor cantidad de materiales ya que sus dimensiones son mayores y que también hay que sumarle el precio de la automatización.

La electrónica ha incrementado considerablemente el precio del prototipo y se considera que se han usado el mínimo de componentes posibles para su realización.

El precio del prototipo anterior ascendía a un precio de **51,14€** y el precio del prototipo actual se va a ver reflejado en la siguiente tabla. En la tabla se ha calculado el presupuesto teniendo en cuenta el material que se usa, ya que el resto puede ser usado para la construcción de otro microscopio.

	Unidades	Coste/Unidad	Coste
<b>Instrumento</b>			
Plancha de metacrilato (100 x 50 cm)	1/2	8,8 €/u	4,40 €
Varilla roscada DIN 975 M3	1	0,25 €/u	0,25 €
Varilla roscada DIN 975 M5	2	0,33 €/u	0,66 €
Tuerca hexagonal ISO 4036 M3	5	0,02 €/u	0,10 €
Tuerca hexagonal ISO 4036 M5	32	0,03 €/u	0,96 €
Lente ocular	1	13,19 €/u	13,9 €
Lente objetivo	1	19,20 €/u	19,20 €
Plancha de espuma Stratocell	1/2	1,9 €/u	0,95 €
Varilla redonda de Nylon	1/2	0,61 €/u	0,31 €
Tuercas autoblocantes DIN 985 M3	5	2,25 €/80pack	0,14 €
Tuercas autoblocantes DIN 985 M5	8	0,1 €/u	0,8 €
Bridas	3	6,99 €/1000pack	0,02 €
Tubo hueco de silicona	20 cm	0,35 €/m	0,07 €
Tuercas de mariposa soldadas DIN 315 M5	2	3,75 €/4pack	1,88 €
Engranaje recto módulo 0,5 D32Z	1	1,17 €/u	1,17 €
Engranaje recto módulo 0,5 D46Z	2	1,17 €/u	2,34 €
<b>Coste parte instrumental</b>			<b>47,15 €</b>
<b>Parte electrónica</b>			
Raspberry Pi Zero W	1	10 €/u	10 €
Targeta micro SD 32GB	1	5,99 €/u	5,99 €
Servomotor de 360°	3	12,99 €/5pack	7,79 €
Conectores macho-macho	2	5,83 €/40pack	0,30 €
Conectores macho-hembra	10	5,83 €/40pack	1,46 €
Conectores hembra-hembra	3	5,83 €/40pack	0,44 €
LED	1	0,04 €/u	0,04 €
Resistencia de 100 $\Omega$	1	0,02 €/u	0,02 €
<b>Coste parte electrónica</b>			<b>26,04 €</b>
<b>Coste final</b>			<b>73,19 €</b>

Tabla 9.1 Presupuesto para la construcción de una unidad de AI Scope

Como se puede ver en la tabla anterior, el precio final es de **73,19€** por lo que el precio se ve incrementado en **22,05€** respecto al prototipo inicial.

Se considera que las mejoras y la automatización compensan el incremento de precio por lo que se ha logrado un buen resultado. El precio de los materiales puede variar en función de la disponibilidad de un material u otro en el momento y la localización dónde se compran.

En relación al coste de la realización del proyecto, a continuación se adjunta una tabla de coste total, teniendo en cuenta los recursos humanos, el coste del software, el coste del material y el coste de fabricación del proyecto. La siguiente tabla es sólo una referencia ya que para tener más información sobre los aspectos económicos del proyecto se recomienda mirar el **documento adjunto Budget**, dónde se explica detenidamente el porqué del coste del proyecto.

	Coste
Recursos humanos	7392 €
Coste del software	6151,85€
Coste del material	367,15 €
Coste de fabricación	0 €
<b>Coste TOTAL (sin IVA)</b>	<b>13911 €</b>
<b>Coste TOTAL (21% IVA)</b>	<b>16832,31 €</b>

*Tabla 9.2 Presupuesto total del proyecto*

Hay que remarcar que el coste es elevado debido a que se ha utilizado mucho software que no es open-source y también por el alto tiempo dedicado al trabajo.

El coste del material no ha sido tan significativo en comparación aunque sigue siendo alto porque se le ha sumado todo el material comprado en todos los intentos de fabricación. También se le ha añadido el coste del material electrónico usado durante el proceso.

El coste de fabricación es nulo debido a que al tener convenio con el FABLAB de Terrassa no se ha tenido que abonar la cantidad correspondiente.

## 9.5 Comparativa entre los prototipos

A continuación aparecen comparados los dos prototipos y evaluados por colores, tomando el verde como correcto.

Aspecto		Prototipo anterior		Prototipo rediseñado
¿El prototipo es estable?	●	Sí	●	Sí.
¿Sujeta bien la lente objetivo?	●	No	●	Sí.
¿Sujeta bien la lente ocular?	●	Sí	●	Sí.
¿Es robusto?	●	Sí, más que el prototipo rediseñado	●	Sí.
¿Sujeta bien el móvil?	●	No. Se puede caer muy fácilmente	●	Sí.
¿Puede regular el móvil?	●	Sí, pero es muy complicado obtener una medida exacta usando el mecanismo del velcro	●	Sí. Con mucha más facilidad que el prototipo anterior.
¿Se tarda mucho en regular el móvil?	●	Sí	●	Sí, pero mucho menos que el prototipo anterior.
¿El montaje es muy complicado? ¿Lleva mucho tiempo?	●	Regular	●	Regular. La parte móvil aunque lleve automatización es mucho más fácil de montar que el anterior aunque lleva más tiempo ya que lleva muchos más mecanismos y las tuercas autoblocantes llevan su tiempo de roscar
¿Es resistente a los golpes y al transporte?	●	Regular. Es resistente pero si el golpe es suficientemente fuerte, se va a romper	●	Regular. Es resistente pero si el golpe es suficientemente fuerte, se va a romper. Al no componerse de una sola estructura es más frágil que el prototipo anterior.
¿El mecanismo de enfoque es complejo?	●	Sí. El mecanismo de enfoque es muy complejo ya que tiene muchas piezas superpuestas la una con la otra	●	No. Se han reducido los elementos superpuestos y se ha automatizado el enfoque por lo que no se tiene que manipular manualmente.
¿El mecanismo de enfoque se atasca?	●	Sí.	●	No.
¿Las guías del carro móvil se atascan?	●	Sí. Las varillas de metacrilato con el uso se desgastan y se forman brechas	●	No. El Nylon no se rompe y es lo suficientemente firme, resistente y liso como para hacer de guía.
¿Es automático?	●	No.	●	Sí. Se trata de la primera iteración de AI Scope con elementos para su automatización
¿Es ergonómico?	●	Sí.	●	Sí.
Dimensiones. ¿Es muy grande?	●	No.	●	No. En comparación con el prototipo anterior es ligeramente más grande en la parte móvil.
¿Corte. Caben las piezas en un A3?	●	Sí.	●	No.
¿Se optimiza el material?	●	Sí.	●	Sí.
Precio. ¿Ha variado?	●	Económico.	●	Económico. Es ligeramente más caro por la implementación de la electrónica

Tabla 9.3 Comparativa entre los dos prototipos

## 9.6 Futuras mejoras

El prototipo final de AI Scope se ha propuesto como solución a los problemas que surgían en las anteriores iteraciones. Se puede decir que ha solucionado satisfactoriamente las necesidades de los anteriores prototipos y ha respondido a las nuevas que han surgido al pretender automatizarlo.

Este diseño final se trata únicamente de una iteración ya que se puede ir mejorando y optimizando en prototipos futuros.

Con la intención de dejar futuras propuestas para otras iteraciones se escribe el siguiente apartado ya que muchas de estas mejoras no se han podido aplicar por disponer de un tiempo ajustado y otras han surgido a base de autocrítica con el diseño final.

- En primer lugar, hacer que sea mucho más fácil colocar el móvil. Aunque el prototipo actual lo ha mejorado considerablemente y ha logrado que esta altura se pueda regular, se sigue tardando mucho tiempo en conseguir un correcto posicionamiento.
- Por falta de tiempo en el proceso de rediseño no se ha probado suficientemente tiempo el mecanismo manivela-pistón y es muy posible que se pueda prescindir de la leva y usar servos de 180°, que son más económicos.
- En caso de en un futuro querer usar el mecanismo de la leva, hay que remarcar que su geometría no es la más idónea ya que el punto de contacto entre la pieza portaobjetos y la leva debe ser tangente en todo momento. Actualmente no se ha podido hacer por falta de tiempo y conocimientos sobre el tema así que se deja planteado.
- Otro caso a considerar es la búsqueda de un método económico y menos rudimentario de unir los ejes con los motores. El mecanismo actual funciona pero es muy posible que existan otros métodos para que el sistema quede más sujeto.
- De cara al próximo microscopio sería interesante que el microscopio pudiera ser manejado manualmente ya que en muchos casos no se podrá disponer de motores de recambio o los motores adecuados. De este modo también se podría usar sin la automatización.
- Un aspecto importante es diseñar una caja para guardar la raspberry pi ya que la caja con la que viene no se puede usar porque no caben todos los cables y se calienta con el uso del dispositivo. La caja a diseñar debería ser ligera, económica, adaptable al prototipo y también tener agujeros para mejorar su ventilación.
- Finalmente, plantear la implementación de algún sistema para mejorar el transporte del microscopio y protegerlo de los golpes y de la intemperie. Como en esta iteración el foco de atención ha sido principalmente en la parte mecánica y el funcionamiento no se ha podido prestar atención a estos aspectos que son muy interesantes pero no primordiales.

## **9.7 Impacto ambiental del proyecto**

Para valorar el impacto ambiental del proyecto se van a tener en cuenta los materiales y el ciclo de vida del mismo producto. Es importante remarcar que el siguiente análisis se realiza sin tener en cuenta los componentes electrónicos.

La vida del microscopio empieza por la compra de materiales y sigue con su fabricación. Como no se trata de fabricaciones industriales en masa, el gasto energético y las emisiones durante su construcción son muy bajas. Únicamente se tiene que tener en cuenta la electricidad usada en el corte láser y las emisiones que este puede tener. Actualmente la tecnología láser ha evolucionado mucho y constituye un gran aliado para mejorar la sostenibilidad en numerosos procesos industriales ya que contribuye al ahorro de energía y a la generación de menor cantidad de residuos. Como tampoco se precisa de un corte láser de CO<sub>2</sub> ya que el metacrilato se puede cortar con una cortadora láser convencional las emisiones de CO<sub>2</sub> son muy bajas y la energía usada no resulta muy elevada. El resto de pasos durante la construcción son manuales y no se contamina.

En relación al material, el residuo es muy bajo ya que se han colocado las piezas en la tabla de metacrilato de tal modo que se pueda hacer la mayor cantidad de piezas posibles en el mínimo espacio.

Durante la vida útil del producto no se produce ninguna emisión por lo que no se contamina. El material principal, el metacrilato, no tiene una vida de un solo uso ya que se pretende que el microscopio sea lo más duradero posible.

Una vez se pretenda prescindir del microscopio ya sea porque se haya roto, no funcione o ya no se precise de él, se procede a separar los componentes del microscopio. Como principalmente se compone de metacrilato y tornillería se va a separar en estos dos campos para su reciclaje.

El metacrilato, aunque sea un material polimérico, es reciclable y se puede reciclar de los siguientes modos:

1. Reciclaje mecánico: consiste en triturar el material, posteriormente lavarlo, homogeneizarlo y cortarlo en distintos trozos. Una vez realizados estos pasos, se procede a la fundición y a la conformidad del material.
2. Reciclaje químico: el material se degrada mediante la aplicación de calor o de catalizadores, lo que permite romper las macromoléculas y dar paso a monómeros. Es un tratamiento que permite conseguir un material de la misma calidad que el original.

En relación a la tornillería se considera que es fácilmente reutilizable ya que no se degrada. En caso de no reutilizarlos se puede reciclar llevándolos a un punto limpio en el que va a ser llevado a una fábrica para su posterior procesado. Otra alternativa es reutilizarlos acudiendo a los Ecomercados donde se rescatan miles de tornillos de residuos industriales y se procede a darles otras utilidades.

## **9.8 Localización de posibles problemas durante su fabricación y uso en comunidades aisladas**

AI Scope, tal y como ya se ha explicado a lo largo del proyecto, intenta reducir los costes de un microscopio convencional y facilitar programas de reconocimiento de parásitos mediante inteligencia artificial para ayudar a que las comunidades más aisladas puedan tener más frecuencia de diagnósticos.

En este proyecto se ha desarrollado la primera iteración del prototipo que lleva motores y es totalmente automática y al ser nueva es necesario valorar las posibles dificultades que pueden tener dichas comunidades para construir y utilizar el microscopio. De este modo se pueden proponer soluciones y alertar al diseñador de cara al próximo prototipo para que lo pueda tener en cuenta.

### **9.8.1 Posibles problemas entorno a la construcción del prototipo**

Uno de los posibles problemas que pueden surgir al fabricarlo es **no disponer del material idóneo** para construirlo, en este caso, el metacrilato y las guías de nylon. Esto no supone un problema muy significativo ya que en las conclusiones del apartado de investigación de materiales se proponen otros materiales que pueden actuar como sustitutos. Estos son las planchas de DM y las varillas redondas de aluminio.

Otro posible problema es que la **tolerancia del corte láser es muy variante** entre las distintas máquinas y aunque no se necesita mucha precisión en sí para hacer las piezas, es necesario que los agujeros estén bien hechos. En caso de que la tolerancia sea muy mala se deberá retocar la pieza manualmente con la ayuda de lijas y otras herramientas.

Es muy probable que en dichas comunidades **no se disponga de una cortadora láser** para reproducir las piezas así que se deberán cortar a mano con la ayuda de herramientas. Esto provoca una pérdida de precisión en las piezas cortadas y puede dificultar su ensamblaje. De todos modos se asume que a muchas comunidades el microscopio viene ya montado para realizar los diagnósticos y este método solo se precisaría en caso de necesitar algún recambio para alguna de las piezas.

También se puede dar el caso de que **no se disponga de las métricas adecuadas** en la ferretería, aunque se han usado métricas estándar puede pasar que no muchas ferreterías dispongan de métricas tan pequeñas como la métrica 3. En caso de no disponer de métrica 3 se deben hacer cambios en el plano de corte y cambiar aquellos agujeros destinados a la métrica 3.

Al diseñar el prototipo se asume que se tienen las herramientas básicas para montarlo como la sierra, la pistola de silicona o la llave inglesa. Puede suceder que **no se encuentren las herramientas adecuadas** y no se pueda reproducir el microscopio.

Otro aspecto muy importante a tener en cuenta es el **no seguir correctamente las instrucciones de montaje** (incluidas en los anexos). Este problema no afecta únicamente a comunidades aisladas sino a todo tipo de usuario que pretenda fabricar el prototipo. Es muy importante seguir las instrucciones de montaje ya que de lo contrario puede suceder que al intentar encajar las piezas el sistema se fuerce o se rompa algunos de los componentes.

Un problema que se ha encontrado al construir el prototipo es que al cortar las varillas roscadas hay que quitar la rebaba de los extremos del corte ya que sino después **no se pueden roscar las tuercas**.

Para terminar con los posibles problemas de montaje queda comentar que es muy **difícil encontrar engranajes de plástico normalizados** en algunas comunidades. De hecho es uno de los componentes más difíciles de encontrar. Por este motivo se pretende imprimir engranajes en 3D para que estos sean distribuidos y así evitar el problema.

### 9.8.2 Problemas durante su uso

En primer lugar, puede pasar que **no funcionen los motores**. En este caso se debería analizar el fallo y repararlos o cambiarlos por unos nuevos. Puede ser debido al sistema electrónico o a la parte mecánica del motor en sí.

El fallo más posible es que **se rompa alguna pieza y se tenga que reparar**. En este caso la página web de AI Scope dispone de los planos open source en formato dxf y de este modo se tienen las pautas para reproducir la pieza.

Otro fallo también muy probable es que durante el transporte o manipulación este se caiga y se rompa. En caso de que esto suceda se deben analizar las piezas que han padecido los daños y repararlas o cambiarlas por piezas nuevas.

También puede pasar que **los motores no transmitan bien el movimiento** ya que el mecanismo de unión con los ejes es muy rudimentario. En caso de que pase esto es muy posible que sea porque la brida no está bien ajustada o porque el tubo no se encuentra correctamente sujeto a la tuerca del eje.

En caso de que **se despeguen los componentes** se aconseja fijarlos con silicona y en el caso de los engranajes fijarlos con algún adhesivo industrial como Loctite para que no se muevan.

Al usar el microscopio se da por obvio que se necesita una superficie estable, plana y fija sobre el que utilizarlo ya que de lo contrario **se pierde precisión**.

En relación al sistema para poner el móvil al ocular se pueden dar varios problemas. En primer lugar puede pasar que **la cámara del móvil usado no tenga mucha resolución** y no se tomen unas imágenes suficientemente nítidas. En este caso no hay otra solución que usar un móvil con más precisión.

En segundo lugar, puede pasar que **el móvil pese mucho** y el sistema de brazos no lo sujete suficientemente bien. En caso de que pase esto se debe replantear usar otro móvil o rediseñar los brazos.

Con el sistema para sujetar el móvil actual, es muy posible que **el móvil quede torcido** por lo que es necesario dedicar más tiempo al enfoque y situarlo horizontalmente para tomar las fotografías en una posición adecuada.

En caso de que el móvil no quepa en la ranura de los brazos se deberán cambiar los brazos o simplemente usar otro móvil.

Puede suceder que el sistema manivela-leva no esté bien colocado a la altura de la pieza superior del carro móvil y **la pieza que contiene el portaobjetos no se mantiene paralela** y coincidente con la superficie de esta pieza. En este caso se deberá recolocar y redimensionar si es necesario la pieza que conecta el motor con la manivela.

Otro posible problema es que la **caja opaca** en la que se colocan las lentes **no se cierre completamente** y haya alguna brecha por la que puede incidir la luz. En este caso se debe reforzar la brecha con silicona y hacer presión para que se cierre completamente.

En caso de que se **rompa o se ralle alguna lente** se debe cambiar ya que es la parte más elemental del microscopio y también porque así se garantiza la calidad de las fotografías tomadas.

Es muy posible que las **tuercas se desajusten** por lo que es muy importante comprobar el estado de las tuercas antes de empezar con el diagnóstico y ajustarlas en caso de que sea necesario.

Con el transporte y el montaje manual las piezas de la parte móvil puede que no queden completamente paralelas por lo que es necesario recolocarlas y ajustar bien las tuercas para que se mantengan estables y paralelas entre sí en todo momento.

Para terminar, **los engranajes pueden no transmitir el movimiento del motor**. Para que funcione correctamente es necesario fijar los engranajes a la tuerca con Loctite. Además, es necesario que estén bien alineados ya que de no estarlo no suben ni bajan el mecanismo o bien lo suben solo por una parte, perjudicando el paralelismo entre las piezas de la parte móvil.

## 10. Conclusiones

### 10.1 Conclusiones en relación al prototipo

Se considera que se ha llegado a un resultado satisfactorio ya que se cumplen los requisitos estipulados en el inicio del proyecto y se ha logrado un prototipo que funciona.

Los materiales usados son estándar, por lo que en caso de romperse cualquier pieza pueden ser fácilmente substituidos en las comunidades aisladas.

Aunque ha subido el precio respecto al modelo anterior, se considera que sigue siendo económico ya que se ha logrado una automatización con el mínimo presupuesto, factor que no estaba en el anterior microscopio.

No se presentan cambios notorios respecto al proceso de fabricación ya que sigue siendo sencillo y se siguen usando los mismos métodos y herramientas que se han usado anteriormente.

También, puntuar que las piezas no presentan mayor complejidad que las anteriores exceptuando el carro móvil, que para sujetar los componentes electrónicos ha sufrido varios cambios.

Se considera que se ha conseguido un prototipo suficientemente robusto. Aunque la parte central sea más frágil que en el anterior modelo, se han tomado las decisiones necesarias para que sea robusto teniendo en cuenta que se ha tenido que implementar la automatización.

Se ha logrado regular la altura del teléfono móvil a partir de varias pruebas físicas y el prototipo se muestra estable y a una distancia óptima como para que se logre un enfoque correcto y se puedan ver bien las imágenes en el dispositivo móvil.

Llamando a la autocrítica, me habría gustado implementar un sistema para proteger mejor la parte móvil y facilitar el transporte. Debido a que se ha alargado considerablemente el proceso de rediseño ya que se ha priorizado el funcionamiento antes que la comodidad, no se ha tenido tiempo suficiente a realizarlo. Por este motivo, se añade a futuras mejoras de cara a las próximas iteraciones.

Dejando de lado esta parte crítica, tanto mi compañera Ariadna Fernández, como yo nos sentimos muy orgullosas del resultado y de haber logrado desarrollar un prototipo real y que funcione.

### 10.2 Conclusiones sobre el proyecto

Este proyecto ha representado para mí un gran reto y dificultad pero sobretodo una gran oportunidad para aprender y desarrollar nuevos conocimientos.

En primer lugar, la oportunidad de trabajar en un equipo multidisciplinario y participar en un proyecto con voluntad humanitaria como es AI Scope.

El hecho de haber podido trabajar en el FABLAB de Terrassa me ha proporcionado nuevos conocimientos y nuevas destrezas en el uso de las máquinas y las herramientas. Gracias a esto, se ha podido construir el prototipo y se han podido realizar todos los cambios necesarios para lograr un correcto funcionamiento del prototipo.

Al ser un microscopio, se han adquirido y profundizado algunos conocimientos básicos de óptica que resultaban elementales para su diseño i construcción.

Uno de los principales hechos a destacar es que al ser una estudiante de diseño ha habido muchas partes y elementos del microscopio que por su carácter mecánico han sido muy difíciles de desarrollar ya que no se disponía de conocimientos suficientes. Aunque en algunos momentos ha sido frustrante se trata de la parte de la que se ha sacado más provecho de este trabajo ya que al presentar una dificultad mayor, se ha prestado más atención a esta parte y se han aprendido y profundizado muchos conocimientos sobre la parte mecánica que hasta entonces desconocía. Esto se ha visto reflejado sobretodo en la parte del carro móvil del prototipo.



Al tratarse de un trabajo que se ha llevado a cabo paralelamente con otro proyecto centrado en la automatización del prototipo también ha resultado muy nutritivo ya que se han aprendido conocimientos básicos sobre la electrónica, como el funcionamiento de los servomotores. Gracias a esto y al trabajo en equipo ha sido muy fácil ensamblar los dos proyectos y cooperar para que el microscopio funcione.

Personalmente, considero que ha sido el proyecto en el que más me he involucrado hasta el momento y esto ha hecho que mejore muchas de mis aptitudes, como por ejemplo, organizarme. También he aprendido a ser más crítica con mi trabajo y aunque me siento satisfecha con lo realizado siento cierto inconformismo, ya que me gustaría poder implementar en un futuro todas las futuras propuestas que se han presentado en este informe.

Tal y como he dicho en el inicio, para mi AI Scope significa oportunidad y para concluir me gustaría presentar mis ganas y mi predisposición para poder continuar con el proyecto y seguir en el equipo cuando esta entrega concluya y poder desarrollar una nueva iteración.



- (15) 10 tipos de empalmes para madera. ¡Aprendemos sobre carpintería!. (2019). [http://bricolaje.facilísimo.com/tipos-de-empalmes-para-madera\\_961441.html](http://bricolaje.facilísimo.com/tipos-de-empalmes-para-madera_961441.html) Acceso: 7-04-2019
- (16) Colores, P. (2019). Plancha de metacrilato opaco de colores al mejor precio. <https://www.mwmaterialsworld.com/es/materiales/metacrilato/plancha-de-metacrilato-opaco-colores.html> Acceso: 11-04-2019
- (17) Dimensiones de tamaños de papel A - A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10 - en pulgadas y mm. (2019). [https://www.tamanosdepapel.com/a-papel-tamanos-tsta.htm?utm\\_exp=76793102-1716.zazSFnr9SV2y9gkssFEDw.l&utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://www.tamanosdepapel.com/a-papel-tamanos-tsta.htm?utm_exp=76793102-1716.zazSFnr9SV2y9gkssFEDw.l&utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F) Acceso: 11-04-2019
- (18) Cómo elegir varillas roscadas y tuercas - Leroy Merlin. (2019). [http://www.leroymerlin.es/productos/ferreteria/tornillos\\_tacos\\_y\\_clavos/varillas\\_roscadas/como-elegir-varillas-roscadas-y-tuercas.html](http://www.leroymerlin.es/productos/ferreteria/tornillos_tacos_y_clavos/varillas_roscadas/como-elegir-varillas-roscadas-y-tuercas.html) Acceso: 7-04-2019
- (19) VARILLA ROSCADA, T. (2019). VARILLA ROSCADA ACERO CINCO M 5 MM. 1 M | El almacén de la construcción y la reforma. <https://www.bricomart.es/varilla-roscada-acero-cincado-m-5-mm-1-m.html> Acceso: 10-04-2019
- (20) 1 m Cinta marca VELCRO® adhesivo 2, 5. (2019). 1 m Cinta marca VELCRO® adhesivo 2,5 cm negro Pelo. [https://www.camocasual.com/epages/eb1453.sf/?Locale=es\\_ES&ObjectPath=/Shops/eb1453/Products/VE99-1-295&ViewAction=ViewProductViaPortal&gclid=CjwKCAjw7MzkBRAGEiwAkOXexHOwZfhxTy7BuHY2TsiSoh9cZhRmFKTRxPjWJlfYsA8PQosNNLI-BoCnbEQAvD\\_BwE](https://www.camocasual.com/epages/eb1453.sf/?Locale=es_ES&ObjectPath=/Shops/eb1453/Products/VE99-1-295&ViewAction=ViewProductViaPortal&gclid=CjwKCAjw7MzkBRAGEiwAkOXexHOwZfhxTy7BuHY2TsiSoh9cZhRmFKTRxPjWJlfYsA8PQosNNLI-BoCnbEQAvD_BwE) Acceso: 10-04-2019
- (21) Varilla roscada m3 | El almacén de la construcción y la reforma. (2019). <https://www.bricomart.es/catalogsearch/result/index/?p=2&q=varilla+roscada+m3> Acceso: 10-04-2019
- (22) INTERFAZ DE OCULAR GRAN ANGULAR (2019). [https://www.amazon.es/DM-WF001-Interfaz-Diámetro-Microscopios-Biológicos/dp/B07PPNX7WB/ref=sr\\_l\\_7?\\_\\_mk\\_es\\_ES=ÅMÅŽŲÕÑ&keywords=oculares+para+microscopio+10x&qid=1553440777&s=gateway&sr=8-7](https://www.amazon.es/DM-WF001-Interfaz-Diámetro-Microscopios-Biológicos/dp/B07PPNX7WB/ref=sr_l_7?__mk_es_ES=ÅMÅŽŲÕÑ&keywords=oculares+para+microscopio+10x&qid=1553440777&s=gateway&sr=8-7) Acceso: 10-04-2019
- (23) OBJETIVO ACROMÁTICO (2019). [https://www.amazon.es/Brilcon-Objetivo-acromático-microscopio-biológico/dp/B07N6832GJ/ref=sr\\_l\\_3?\\_\\_mk\\_es\\_ES=ÅMÅŽŲÕÑ&keywords=lente%2Bobjetivo%2B100x&qid=1553440880&s=gateway&sr=8-3&th=1](https://www.amazon.es/Brilcon-Objetivo-acromático-microscopio-biológico/dp/B07N6832GJ/ref=sr_l_3?__mk_es_ES=ÅMÅŽŲÕÑ&keywords=lente%2Bobjetivo%2B100x&qid=1553440880&s=gateway&sr=8-3&th=1) Acceso: 10-04-2019
- (24) El microscopio óptico - Mundo Microscopio. (2019). <https://www.mundomicroscopio.com> Acceso: 14-03-2019
- (25) Microscopía de rutina: mejorando la productividad a través de una mejor ergonomía | Olympus Life Science. (2019). <https://www.olympus-lifescience.com/es/applications/ergonomics-microscopes/> Acceso: 14-03-19
- (26) Smith, M., & Grose, E. (1990). The US Army's New Air Defense Command and Control System: The Human Factors Design Process. *Proceedings Of The Human Factors Society Annual Meeting*, 34(9), 636-639. doi: 10.1177/154193129003400912
- (27) Buscador Normalización. (2019). <https://www.une.org/Buscador> Acceso: 20-03-2019
- (28) Modernización de las normas de la UE sobre productos sanitarios - Consilium. (2019). <https://www.consilium.europa.eu/es/polices/new-rules-medical-in-vitro-diagnostic-devices/> Acceso: 20-03-2019
- (29) Organización Internacional de Normalización. (2019). [https://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n\\_Internacional\\_de\\_Normalizaci%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n_Internacional_de_Normalizaci%C3%B3n) Acceso: 20-03-2019
- (30) AENOR - Buscador de Normas. (2019). <https://www.aenor.com/buscador> Acceso: 20-03-2019

- (31) Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios - La AEMPS informa - Notas Informativas - Productos Sanitarios - 2017 - Publicados los nuevos Reglamentos Europeos de productos sanitarios. (2019). [https://www.aemps.gob.es/informa/notasInformativas/productosSanitarios/2017/NI-PS\\_09-2017-reglamentos-europeos-PS.htm](https://www.aemps.gob.es/informa/notasInformativas/productosSanitarios/2017/NI-PS_09-2017-reglamentos-europeos-PS.htm) Acceso: 20-03-2019
- (32) Comité CTN 45. (2019). <https://www.une.org/Paginas/Normalizacion/Ficha-CTN.aspx?n=3&c=CTN%2045> Acceso: 20-03-2019
- (33) AENOR Norma UNE-EN ISO 25178-603:2013 (Ratificada). (2019). Retrieved from <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/UNE?c=N0054050> Acceso: 20-03-2019
- (34) ISO Search. (2019). Retrieved from [https://www.iso.org/search.html?q=microscope&hPP=10&idx=all\\_en&p=5](https://www.iso.org/search.html?q=microscope&hPP=10&idx=all_en&p=5) Acceso: 20-03-2019
- (35) Freepik | Descarga ya millones de vectores, fotos y PSD gratis. (2019). <https://www.freepik.es> Acceso: 24-03-2019
- (36) Caucho nitrilo (NBR). (2019). <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/01/el-caucho-nitrilo-tambien-conocido-como.html> Acceso: 24-04-2019
- (37) Plásticos Teflon PTFE. Barras-Tubos-Placas. (2019). <https://www.inalcoa.net/catalogo/plasticos-2/ptfe-marca-teflon-®/> Acceso: 24-04-2019
- (38) Sobre la oxidación de latón Digfineart(2019). <https://www.digfineart.com/6bPr00GKI/> Acceso: 24-04-2019
- (39) 10 Características del Aluminio. (2019). <https://www.caracteristicas.co/aluminio/> Acceso: 24-04-2019
- (40) Acero elástico. (2019). [https://es.wikipedia.org/wiki/Acero\\_elástico](https://es.wikipedia.org/wiki/Acero_elástico) Acceso: 24-04-2019
- (41) Barras de pvc - Resopal. (2019). [https://resopal.com/pvc/barras-de-pvc.html#/1315-medidas\\_barras\\_pvc-3x1000mm](https://resopal.com/pvc/barras-de-pvc.html#/1315-medidas_barras_pvc-3x1000mm) Acceso: 24-04-2019
- (42) ASA. (2019). <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/05/asa.html> Acceso: 24-04-2019
- (43) Cómo elegir vidrio plástico - Leroy Merlin. (2019). [http://www.leroymerlin.es/productos/puertas\\_ventanas\\_y\\_escaleras/vidrioplastico/como-elegir-vidrioplastico.html](http://www.leroymerlin.es/productos/puertas_ventanas_y_escaleras/vidrioplastico/como-elegir-vidrioplastico.html) Acceso: 25-04-2019
- (44) Know Your Stratasys FDM Materials: ABS, ASA, and PLA. (2019). <https://www.fisherunitech.com/blog/know-stratasys-fdm-materials-abs-asa-pla> Acceso: 25-04-2019
- (45) Administracion, P. (2019). ¿Cuales son las características del poliestireno cristal?. <https://arteplastica.es/caracteristicas-del-poliestireno-cristal/> Acceso: 25-04-2019
- (46) MW Materials World - El SUPERMERCADO online de materiales. (2019). <https://www.mwmaterialsworld.com/> Acceso: 25-04-2019
- (47) Modulor | Online Shop for architects, designers, makers and crafts. (2019). <https://www.modulor.de/en/> Acceso: 25-04-2019
- (48) Tablas-Listones-Varillas-Perfiles | Sancer Papelería Técnica. (2019). <https://sancer.com/tienda-online/C/tablas-listones-varillas-perfiles-5b446b79790f1/> Acceso: 25-04-2019
- (49) Acoplamiento entre ejes - klugers.net. (2019). <http://www.klugers.net/v3/mecanica/3-acoplamiento-eje> Acceso: 5-05-2019

- (50) Amazon.es: acoplamiento elastico 3mm: Bricolaje y herramientas. (2019). [https://www.amazon.es/s?k=acoplamiento+elástico+3mm&i=diy&\\_\\_mk\\_es\\_ES=ÅMÅŽÕÑ&ref=nb\\_sb\\_noss](https://www.amazon.es/s?k=acoplamiento+elástico+3mm&i=diy&__mk_es_ES=ÅMÅŽÕÑ&ref=nb_sb_noss) Acceso: 5-05-2019
- (51) ACOPLAMIENTOS MINIATURA | Tecnopower. (2019). <https://www.tecnopower.es/acoplamientos-miniatura> Acceso: 5-05-2019
- (52) Transmisiones por Engranajes. (2019). <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn150.html> Acceso: 7-05-2019
- (53) Tipos de engranajes y cómo saber cuál necesito | Blog Mootio. (2019). <http://www.mootio-components.com/blog/es/tipos-de-engranajes-cual-necesito/> Acceso: 7-05-2019
- (54) Laying Out Dovetails | Startwoodworking.com. (2019). <http://www.startwoodworking.com/post/laying-out-dovetails> Acceso: 7-05-2019
- (55) Holder, A. (2019). Aluminum Mobile Phone/Tablet Holder. [https://needfulthingscompany.com/products/aluminum-mobile-phone-tablet-holder?variant=2016299221002&utm\\_medium=Social&utm\\_source=Pinterest](https://needfulthingscompany.com/products/aluminum-mobile-phone-tablet-holder?variant=2016299221002&utm_medium=Social&utm_source=Pinterest) Acceso: 2-05-2019
- (56) Power Tool Woodworking for Everyone Online Table Saw - Joinery. (2019). [https://www.shopsmith.com/academy/tblsaw\\_joinery/index.htm](https://www.shopsmith.com/academy/tblsaw_joinery/index.htm) Acceso: 2-05-2019
- (57) Free DIY wire mobile smart phone car holder (clips into vents) » marijn.org. (2019). <http://www.marijn.org/archive/car-phone-holder/> Acceso: 2-05-2019
- (58) Files, f., files, 3., illusion, 3., & youtube, m. (2019). mobile holder free dxf file for laser , cnc cutting. <https://www.cncworld.tk/2019/01/mobile-holder-free-dxf-file-for-laser.html?m=1> Acceso: 2-05-2019
- (59) Hombres, S. (2019). Soporte de teléfono monograma personalizado ronda estación de acoplamiento inicial con regalo de monograma personal hombres. [https://www.etsy.com/es/listing/247703861/soporte-de-telefono-monograma?ref=shop\\_home\\_active\\_7](https://www.etsy.com/es/listing/247703861/soporte-de-telefono-monograma?ref=shop_home_active_7) Acceso: 2-05-2019
- (60) Portable Wooden Tablet Stand Mobile Phone Holder Headphone Hanger - FeelGift. (2019). <http://www.feelgift.com/portable-wooden-tablet-stand-mobile-phone-holder-headphone-stand> Acceso: 2-05-2019
- (61) Plotclock by joo. (2019). from <https://www.thingiverse.com/thing:248009> Acceso: 16-05-2019
- (62) PlotClock With Arduino.(2019).<https://www.instructables.com/PlotClock-With-Arduino/> Acceso: 16-05-2019
- (63) ¿Qué es y cómo funciona un servomotor? | Panama Hitek. (2019). <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/> Acceso: 18-05-2019
- (64) PANAMA HITEK(2019). <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/> <https://tienda.bricogeek.com/43-servomotores> Acceso: 18-05-2019
- (65) Landín, P. (2019). Tornillo sin fin: descripción y aplicaciones. <http://pelandintecno.blogspot.com/2018/02/tornillo-sin-fin-descripcion-y.html> Acceso: 19-05-2019
- (66) Insertos Roscados | RS Components. (2019). <https://es.rs-online.com/web/c/fijaciones-y-sujecciones/fijaciones-para-chapa-y-panel/insertos-roscados/> Acceso: 19-05-2019
- (67) La tecnología láser contribuye al cuidado del medio ambiente. (2019). <http://www.rofin.es/es/la-tecnologia-laser-contribuye-al-cuidado-del-medio-ambiente/> Acceso: 1-06-2019

- (68) Fibra, G., plantillas, T., frecuentes, P., & láser, C. (2019). ¿Cómo funciona el corte láser? | Preguntas frecuentes Trotec Laser. <https://www.troteclaser.com/es/tutoriales-ejemplos/faqs/como-cortar-con-laser>  
Acceso: 1-06-2019
- (69) ¿Se puede reciclar el metacrilato?. (2019). <https://www.fredometacrilatomadrid.com/es/blog/se-puede-reciclar-el-metacrilato/> Acceso: 1-06-2019
- (71) RECICLAJE DE TORNILLOS (2019). <https://www.avcorpec.com/reciclaje-de-tornillos-tuercas-pernos.html>  
Acceso: 1-06-2019
- (72) Bermúdez, F. (2016). Apuntes Ingeniería Gráfica UPC. EET
- (73) Barboza Elizabeth, M. (2019). El microscopio compuesto es un instrumento óptico que se emplea para aumentar - Monografias.com. <https://www.monografias.com/trabajos12/micros/micros.shtml>  
Acceso: 03-05-2019